

## **TUGAS AKHIR**

# **RESISTENSI BETON BERSERAT SABUT KELAPA DENGAN BAHAN TAMBAHAN ABU SEKAM PADI TERHADAP SERANGAN GARAM**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**MUHAMMAD LUTHFI ANANDA**  
**1907210074**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2023**

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Luthfi Ananda

NPM : 1907210074

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Resistensi Beton Berserat Sabut Kelapa dengan Bahan Tambahan  
Abu Sekam Padi terhadap Serangan Garam

Bidang Ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA  
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 20 September 2023

Dosen Pembimbing



Dr. Josef Hadipramana

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Luthfi Ananda

NPM : 1907210074

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Resistensi Beton Berserat Sabut Kelapa dengan Bahan Tambahan Abu Sekam Padi terhadap Serangan Garam

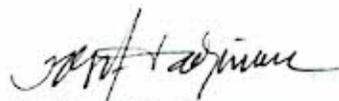
Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan di terima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 20 September 2023

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



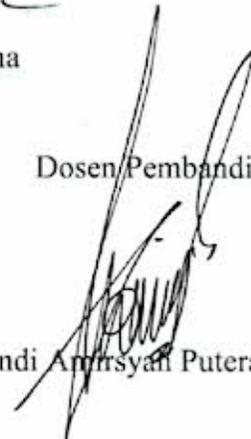
Dr. Josef Hadipramana

Dosen Pembimbing I



Dr. Fetra Venny Riza

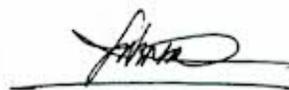
Dosen Pembimbing II



Tondi Amrasyah Putera ST., MT.

Program Studi Teknik Sipil

Ketua



Dr. Fahrizal Zulkarnain

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama lengkap : Muhammad Luthfi Ananda

Tempat, tanggal lahir : Medan, 25 Desember 2001

NPM : 1907210074

Fakultas : Teknik

Program studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Resistensi Beton Berserat Sabut Kelapa dengan Bahan Tambahan Abu Sekam Padi terhadap Serangan Garam”.

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non material serta segala kemungkinan lain, yang pada hakikatnya karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan atau keserjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan atau paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademi di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.

Medan, 20 September 2023

Saya yang menyatakan,



Muhammad Luthfi Ananda

## **ABSTRAK**

### **RESISTENSI BETON BERSERAT SABUT KELAPA DENGAN BAHAN TAMBAHAN ABU SEKAM PADI TERHADAP SERANGAN GARAM**

Muhammad Luthfi Ananda

1907210074

Dr. Josef Hadipramana

Penggunaan beton pada bangunan secara global telah menjadi masalah tersendiri dimana dalam proses produksinya banyak memberikan dampak lingkungan yang bersifat negatif sehingga menjadi tantangan besar yang membutuhkan solusi. Banyak penelitian terbaru berkaitan dengan beton ramah lingkungan yang memanfaatkan material-material organik dianggap sebagai terobosan besar. Namun, penelitian yang berkaitan pada lingkungan agresif masih terbatas. Maka dari itu pada penelitian ini digunakan sabut kelapa (SK) sebagai serat pada beton serta bahan tambah abu sekam padi (ASP) dengan tujuan untuk mengetahui ketahanan beton berserat tersebut terhadap serangan garam. Penggunaan sabut kelapa pada kasus ini terdiri atas 3 variasi yaitu 0,3% SK, 0,5% SK, dan 1% SK dimana 1% ASP digunakan untuk setiap variasi. Hasil penelitian menunjukkan adanya penurunan kuat tekan berdasarkan umur pada perendaman larutan garam. Penurunan kekuatan beton yang terbesar terjadi pada variasi 1% SK dengan kuat tekan sebesar 11,00 MPa dan persentasi penurunan sebesar 30,58%. Pengujian perubahan massa menunjukkan penurunan berat benda uji dari semua variasi dengan perubahan terbesar terdapat pada variasi 0,3% SK. Pengujian pada inspeksi perubahan visual ditemukan bahwa terjadi perubahan warna pada benda uji menjadi kekuningan dan terdapat adanya kerusakan terkikis pada bagian permukaan beton. Kerusakan terbesar terjadi pada variasi 0,1% SK, sedangkan pada variasi 0,3% SK tidak terlihat adanya perubahan fisik yang signifikan dimana permukaannya jauh lebih baik dari pada variasi beton lainnya. Berdasarkan hasil tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar konsentrasi serat sabut kelapa pada beton maka semakin kecil pula durabilitasnya terhadap serangan garam, dalam hal ini variasi 0,3% SK memiliki durabilitas terbesar.

Kata kunci: Beton berserat, Serangan garam, Durabilitas, Sabut kelapa

## **ABSTRACT**

### **RESISTANCE OF COCONUT FIBER REINFORCED CONCRETE CONTAINING RICE HUSK ASH TO SALT ATTACK**

Muhammad Luthfi Ananda  
1907210074  
Dr. Josef Hadipramana

*The use of concrete in buildings globally has become a separate problem where the production process has many negative environmental impacts, making it a major challenge that requires a solution. Many recent studies related to environmentally friendly concrete that utilize organic materials are considered a major breakthrough. However, research related to aggressive environments is still limited. Therefore, in this study, coconut fiber (CF) was used as fiber reinforced concrete as well as added rice husk ash (RHA) with the aim of determining the resistance of coconut fiber reinforced concrete to salt attack. The use of coconut fiber in this case consisted of 3 variations, namely 0.3% CF, 0.5% CF, and 1% CF where 1% RHA was used for each variation. The results showed that there was a decrease in compressive strength based on age in salt solution immersion. The greatest decrease in concrete strength occurred in the 1% CF variation with a compressive strength of 11.00 MPa and a percentage decrease of 30.58%. The mass change test showed a decrease in the weight of the test object from all variations with the largest change occurring in the 0.3% CF variation. Tests on the inspection of visual changes found that there was a change in the color of the test object to yellowish and there was eroded damage on the surface of the concrete. The biggest damage occurred on 0.1% CF variation, whereas in the 0.3% CF variation there was no significant physical change where the surface was much better than the other concrete variations. Based on these results, it can be seen that the greater the concentration of coconut fiber in concrete, the less durability it has against salt attack, in this case the 0.3% CF variation has the greatest durability.*

*Keywords: Fiber concrete, Salt attack, Durability, Coconut fiber*

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur dipanjatkan terhadap kehadiran Allah SWT yang mana atas berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini sesuai dengan waktu yang telah ditentukan sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam proses penyusunannya, penulis menyadari masih banyak kekurangan baik pada teknik penulisan maupun penguasaan materi. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang mendalam kepada semua pihak yang telah membantu, baik secara langsung atau pun tidak langsung. Dengan penuh kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya, kepada:

1. Bapak Dr. Josef Hadipramana, selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan bantuan, masukan, serta ilmu dalam proses penulisan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Ibu Dr. Fetra Venny Riza dan bapak Tondi Amirsyah Putera ST., MT. selaku Dosen Pembimbing I & II yang telah banyak membantu serta memberikan koreksi dan saran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Semua pihak dan rekan-rekan sekalian yang telah banyak membantu dalam proses penulisan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, penulis berharap laporan Tugas Akhir ini dapat dipergunakan dengan sebaik-baiknya agar dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya bagi penulis dan bagi Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 20 September 2023



Muhammad Luthfi Ananda

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Ruang Lingkup Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Beton Serat	5
2.2. Material Penyusun Beton Serat dengan Campuran Sabut Kelapa	7
2.2.1. Semen Portland	7
2.2.2. Agregat	8
2.2.3. Sabut Kelapa ( <i>Coconut Fiber</i> )	10
2.3. Bahan Tambah ( <i>Admixture</i> )	11
2.3.1. Abu Sekam Padi	11
2.3.2. Accelerator	12
2.4. Faktor yang Mempengaruhi Beton Serat dengan Sabut Kelapa	13
2.4.1. Volume Serat	13
2.4.2. Aspek Rasio Serat	14

2.4.3. Ukuran Serat	14
2.5. Pengujian Beton Segar ( <i>Slump</i> )	15
2.6. Kuat Tekan	15
2.7. Durabilitas	17
2.8. Efflorescence	17
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>	<b>19</b>
3.1. Uraian Umum	19
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian	22
3.3. Alat dan Bahan	22
3.3.1. Alat	22
3.3.2. Bahan	22
3.4. Pemeriksaan Material dan Bahan	23
3.4.1. Persiapan Bahan-Bahan Dasar	23
3.4.2. Pengujian Analisa Saringan	23
3.4.3. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan	23
3.4.4. Pengujian Kadar Air	24
3.4.5. Pengujian Berat Isi	25
3.4.6. Pengujian Kandungan Lumpur	25
3.5. Penetapan Benda Uji Beton	26
3.6. Perhitungan Campuran Beton ( <i>Mix Design</i> )	26
3.7. Pembuatan Benda Uji	31
3.7.1. Pengujian Slump	31
3.7.2. Perawatan Benda Uji ( <i>Curing</i> )	32
3.8. Pengujian Durabilitas	32
3.9. Pengujian Kuat Tekan	32
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>33</b>
4.1. Tinjauan Umum	33
4.2. Pemeriksaan Agregat Halus	33
4.2.1. Analisa Saringan Agregat Halus	33
4.2.2. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	35
4.2.3. Berat Isi Agregat Halus	36
4.2.4. Kadar Air Agregat Halus	36

4.2.5.	Kadar Lumpur Agregat Halus	37
4.3.	Pemeriksaan Agregat Kasar	38
4.3.1.	Analisa Saringan Agregat Kasar	38
4.3.2.	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	39
4.3.3.	Berat Isi Agregat Kasar	40
4.3.4.	Kadar Air Agregat Kasar	41
4.3.5.	Kadar Lumpur Agregat Kasar	41
4.4.	Perencanaan Campuran Beton	42
4.4.1.	<i>Mix Design</i> Beton	42
4.4.2.	Proporsi Kebutuhan Benda Uji Beton	48
4.4.3.	Hasil Pengujian <i>Slump</i>	50
4.5.	Hasil Pengujian Durabilitas Beton	51
4.5.1.	Campuran Garam Sulfat pada Larutan Perendam Beton	51
4.5.2.	Perubahan Massa Beton	53
4.5.3.	Perubahan Tampak Visual	54
4.5.4.	Kuat Tekan Beton	55
4.6.	Pembahasan	59
4.6.1.	Pembahasan Perubahan Massa Beton	59
4.6.2.	Pembahasan Perubahan Visual Beton	61
4.6.3.	Pembahasan Kuat Tekan Beton	62
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		65
5.1.	Kesimpulan	65
5.2.	Saran	66
DAFTAR PUSTAKA		67
LAMPIRAN		71
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		80

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Properti mekanis serat yang umum digunakan pada beton	6
Tabel 2.2: Jenis dan penggunaan semen portland	7
Tabel 2.3: Unsur - unsur penyusun utama semen	8
Tabel 2.4: Batas tiap daerah gradasi pada agregat halus	9
Tabel 2.5: Spesifikasi daerah gradasi pada agregat kasar	10
Tabel 2.6: Sifat dan analisis kimia abu sekam padi	11
Tabel 3.1: Sampel benda uji rencana	26
Tabel 3.2: Faktor pengali untuk deviasi standar	27
Tabel 3.3: Nilai tambah margin	27
Tabel 3.4: Perkiraan kekuatan tekan beton	28
Tabel 3.5: Perkiraan kadar air bebas	29
Tabel 3.6: Persyaratan jumlah semen minimum dan fas maksimum	29
Tabel 3.7: Nilai Slump untuk berbagai macam pekerjaan	31
Tabel 4.1: Hasil pengujian analisa saringan agregat halus	34
Tabel 4.2: Daerah gradasi agregat halus	34
Tabel 4.3: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus	35
Tabel 4.4: Hasil pengujian berat isi agregat halus	36
Tabel 4.5: Hasil pengujian kadar air agregat halus	37
Tabel 4.6: Hasil pengujian kandungan lumpur pada agregat halus	37
Tabel 4.7: Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar	38
Tabel 4.8: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar	39
Tabel 4.9: Hasil pengujian berat isi agregat kasar	40
Tabel 4.10: Hasil pengujian kadar air agregat kasar	41
Tabel 4.11: Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar	41
Tabel 4.12: Rekapitulasi <i>mix design</i> beton mutu 25 MPa	47
Tabel 4.13: Rekap hasil <i>mix design</i> silinder beton 25 MPa	49
Tabel 4.14: Hasil pengujian <i>Slump</i>	50
Tabel 4.15: Rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan	57

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kondisi mikroskopik partikel abu sekam padi	12
Gambar 2.2	Hubungan antara volume serat dan kekuatan beton	13
Gambar 2.3	Hubungan antara persentase serat dan kekuatan beton	14
Gambar 2.4	Kerucut Abrams	15
Gambar 2.5	Pengujian kuat tekan	16
Gambar 2.6	Kondisi beton setelah direndam selama 104 minggu pada larutan	17
Gambar 3.1	<i>Flow Chart</i> tahapan penelitian	21
Gambar 3.2	Grafik hubungan antara kuat tekan dan daktor air semen	28
Gambar 3.3	Hubungan kandungan air, BJ agregat campuran dan berat isi	30
Gambar 4.1	Grafik gradasi agregat halus daerah 2	35
Gambar 4.2	Grafik gradasi agregat kasar (Maks 40 mm)	39
Gambar 4.3	Hubungan FAS dengan kuat tekan	43
Gambar 4.4	Penentuan persentase pasir terhadap kadar total agregat yang digunakan pada penelitian (butir maksimum 40 mm)	44
Gambar 4.5	Penentuan berat isi beton basah	45
Gambar 4.6	Grafik rata-rata <i>Slump Test</i>	51
Gambar 4.7	Proses perendaman benda uji terhadap larutan garam sulfat	52
Gambar 4.8	Grafik perbandingan massa beton selama 56 dan 90 hari	53
Gambar 4.9	Grafik rasio perubahan massa beton	53
Gambar 4.10	Hasil pengujian tampak visual beton 56 hari	54
Gambar 4.11	Hasil pengujian tampak visual beton 90 hari	54
Gambar 4.12	Perbandingan kuat tekan beton perendaman 56 dan 90 hari	58
Gambar 4.13	Grafik rasio perubahan kuat tekan beton	58

## DAFTAR NOTASI

$A$	=	luas penampang benda uji ( $\text{mm}^2$ )
$a$	=	berat benda uji kering oven (gr)
$B$	=	jumlah air ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
$b$	=	berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gr)
$B'$	=	berat agregat setelah pengujian (gr)
$B_o$	=	berat agregat sebelum pengujian (gr)
$C$	=	jumlah agregat halus ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
$c$	=	berat benda uji dalam air (gr)
$Ca$	=	absorpsi agregat halus (%)
$Ck$	=	kadar air agregat halus (%)
$D$	=	jumlah agregat kasar ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
$Da$	=	absorpsi agregat kasar (%)
$Dk$	=	kadar air agregat kasar (%)
$f_{as}$	=	faktor air semen bebas
$f'_c$	=	kuat tekan beton benda uji (MPa)
$f'_{cr}$	=	kuat tekan beton rata-rata (MPa)
$M$	=	nilai tambah margin
$M_c$	=	berat wadah ukur yang diisi agregat (kg)
$M_m$	=	berat wadah ukur (kg)
$N$	=	jumlah benda uji
$n$	=	jumlah nilai hasil uji
$P$	=	beban maksimum (N)
$S$	=	standar deviasi
$V_m$	=	volume wadah ukur ( $\text{m}^3$ )
$W_{air}$	=	kadar air bebas
$W_h$	=	Batu tak dipecahkan / alami
$W_k$	=	Batu pecah
$W_{semen}$	=	jumlah semen ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
$\bar{x}$	=	kuat tekan beton rata-rata (MPa)
$x_i$	=	kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji (MPa)

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Beton merupakan salah satu material bangunan yang sangat populer digunakan dalam dunia konstruksi bangunan. Beton adalah hasil dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah atau bahan sejenis lainnya, dengan menambahkan semen secukupnya yang berfungsi sebagai perekat bahan susun beton, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung (Sahrudin dan Nadia, 2016). Beton dikenal dengan kekuatan tekannya yang cukup tinggi dalam menahan beban yang besar, namun lemah terhadap tarik. Untuk meningkatkan kekuatan beton terhadap tarikan, maka campuran bahan beton dapat ditambahkan dengan material tambahan berupa serat.

Beton serat adalah beton yang terbuat dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar, dan bahan penguat berupa serat yang bersifat diskrit/terputus-putus (ACI Committee 544, 1982). Penambahan serat pada campuran beton yang disebar secara merata dimaksudkan agar serat dapat mencegah keretakan kecil pada beton sehingga dapat meningkatkan performa kekuatan beton. Serat yang dipakai dapat berupa serat alami maupun serat buatan. Serat sabut kelapa merupakan salah satu serat alami yang dapat digunakan karena ketersediaannya yang berlimpah di Indonesia.

Di samping itu, kondisi lingkungan juga memberikan pengaruh terhadap ketahanan beton. Durabilitas beton merupakan daya tahan yang dipengaruhi oleh kontak fisik beton terhadap udara maupun cairan melalui permukaan porinya (Papadakis dkk., 1991). Lingkungan yang bersifat agresif merupakan daerah yang rawan terhadap durabilitas beton sehingga menjadi pertimbangan utama dalam penerapannya untuk jangka waktu yang lama. Penerapan beton pada lingkungan agresif seperti pada air laut atau air tanah yang banyak mengandung garam sulfat dapat membawa dampak yang merugikan terhadap mutu beton. Dimana pada lingkungan ini banyak mengandung zat-zat kimia yang bersifat reaktif terhadap

unsur yang terdapat dalam beton, dan akhirnya dapat menyebabkan terjadinya disintegrasi pada beton. Proses disintegrasi adalah suatu proses pemisahan atau pelepasan dari suatu bahan yang berukuran besar dan menyatu menjadi bahan yang berukuran kecil dan terpisah-pisah (Wora dan Segu, 2014).

Air laut mengandung garam sulfat yang bersifat reaktif terhadap beton yang dapat menyebabkan terjadinya disintegrasi pada beton sehingga diperlukan beton yang memiliki keawetan yang tinggi. Nabhan dkk. (2014) melalui penelitiannya menjelaskan abrasi air laut menjadi salah satu faktor penting yang harus dikaji dalam masalah durabilitas beton. Abrasi merupakan peristiwa pengikisan yang diakibatkan oleh gerusan air laut. Masalah lainnya yang harus dihadapi beton di lingkungan air laut ialah tekanan akibat proses kristalisasi garam pada pori-pori beton yang dapat menyebabkan keretakan pada beton.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui ketahanan (durabilitas) beton berserat sabut kelapa dengan bahan tambah abu sekam padi terhadap serangan air laut berdasarkan mutu kekuatan tekan beton. Karena sabut kelapa merupakan serat organik (alami) sehingga sangat rentan terhadap pembusukan, maka dari itu diperlukan pengujian khusus ketahanan serat sabut kelapa terhadap air laut. Berdasarkan latar belakang tersebut maka disusunlah tugas akhir dengan judul: *“Resistensi Beton Berserat Sabut Kelapa dengan Bahan Tambahan Abu Sekam Padi terhadap Serangan Garam”*.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah yang didapat berdasarkan latar belakang diatas adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh air garam pada beton berserat sabut kelapa setelah 56 dan 90 hari secara visual?
2. Bagaimana pengaruh persentase penggunaan serat sabut kelapa terhadap serangan garam.
3. Bagaimana perbandingan nilai kuat tekan pada beton normal dan beton berserat sabut kelapa yang terendam air garam?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui perubahan fisik pada beton berserat sabut kelapa yang diakibatkan oleh serangan garam.
2. Untuk mengetahui dampak serangan garam terhadap nilai kuat tekan pada beton berserat sabut kelapa.
3. Untuk mengetahui penggunaan serat sabut kelapa yang optimal terhadap serangan garam.

### **1.4. Ruang Lingkup Penelitian**

Mengenai perencanaan penelitian ini diperlukan adanya pembatasan permasalahan agar tercapainya tujuan penelitian dengan batasan sebagai berikut:

1. Karakteristik beton yang di uji adalah durabilitas pada kuat tekan.
2. Adukan beton diberi serat sabut kelapa sebanyak: 0,3%, 0,5% dan 1% terhadap berat beton (*Additive*).
3. Digunakan serat sabut kelapa yang telah dipotong dengan panjang 5 cm.
4. Semen yang digunakan adalah Semen Tipe I.
5. Bahan tambahan yang digunakan adalah abu sekam padi sebagai bahan pengganti sebanyak 1% dari berat semen.
6. Perendaman beton dengan menggunakan air laut disubstitusikan dengan air yang ditambahkan garam sulfat dengan rasio 1:30 (konsentrasi 3,5%).
7. Perawatan yang dilakukan adalah *water curing* selama 120 hari.
8. Pengujian kuat tekan dilakukan setelah umur perendaman 56 dan 90 hari di dalam larutan garam sulfat 3,5%.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang terkait, manfaat tersebut diantaranya:

1. Hasil penelitian ini dapat menjadi bahan rujukan dalam menggunakan serat sabut kelapa pada konstruksi beton khususnya daerah yang berhubungan langsung dengan lingkungan laut.

2. Penelitian ini dapat mengurangi limbah sabut kelapa dan abu sekam padi dengan memanfaatkannya sebagai campuran beton.
3. Penelitian ini dapat menambah tingkat pemahaman dan kemampuan dalam menganalisis data dengan menggunakan metode-metode yang ada, sehingga dapat menjadi bekal untuk terjun ke dunia kerja nantinya.

## **1.6. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan pada tugas akhir ini akan diuraikan dalam penulisan yang dibagi menjadi lima bab pokok bahasan sebagai berikut:

### **Bab 1 Pendahuluan**

Dalam bab ini diuraikan mengenai latar belakang, perumusan masalah, ruang lingkup penelitian, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika pembahasan.

### **Bab 2 Tinjauan Pustaka**

Bab ini menguraikan dan membahas kerangka teori mengenai penelitian secara singkat, sebagai dasar dalam mengkaji permasalahan yang ada dan mempersiapkan landasan teori.

### **Bab 3 Metodologi Penelitian**

Dalam bab ini diuraikan tentang tahapan penelitian, metode pelaksanaan penelitian, teknik pengumpulan data, variabel penelitian, jenis dan sumber data yang diperlukan, serta teknik analisis data.

### **Bab 4 Hasil dan Pembahasan**

Bab ini menguraikan hasil yang diperoleh dari penelitian serta pembahasan analisis perhitungan dan pemecahan permasalahan dari hasil yang didapatkan.

### **Bab 5 Kesimpulan**

Pada bab ini akan dipaparkan beberapa kesimpulan yang didapat dari hasil dan pembahasan serta berisikan beberapa saran dari penulis.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Beton Serat

Beton serat (*fibre reinforced concrete*) dapat didefinisikan sebagai beton komposit yang terdiri dari campuran semen, agregat dan serat yang terputus-putus tersebar secara merata dimana serat yang tidak terputus (menerus), seperti serat tenun, benang dan kabel atau kawat tidak dianggap sebagai serat (Shetty, 2005). Berdasarkan laporan dari (ACI Committee 544, 1982), beberapa jenis bahan serat yang dapat dipakai untuk meningkatkan performa struktur beton antara lain: baja (*steel*), plastik (*polypropylene*), kaca (*glass*) dan karbon (*carbon fibre*). Bahan serat lainnya seperti serat alamiah yang dapat digunakan antara lain: ijuk, sabut kelapa, dan serat tumbuhan lainnya. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penambahan serat pada campuran beton umumnya dapat meningkatkan performa ketahanan beton berupa:

1. Ketahanan terhadap tarik dan momen lentur
2. Ketahanan terhadap penyusutan (*shrinkage*)
3. Ketahanan terhadap beban kejut (*impact resistance*)
4. Ketahanan terhadap kekakuan (*ductility*)

Untuk itu, jenis serat yang dipakai memiliki pengaruh besar terhadap ketahanan beton berserat. Modulus elastisitas serat harus jauh lebih tinggi daripada beton agar terjadi penyaluran tegangan secara efisien. Serat dengan modulus elastisitas yang rendah seperti nilon dan plastik tidak memberikan peningkatan yang signifikan pada kekuatannya, tetapi memiliki manfaat dalam penyerapan energi yang besar sehingga memberikan tingkat ketangguhan dan ketahanan yang lebih besar terhadap benturan. Untuk serat dengan modulus elastisitas yang tinggi seperti baja, kaca dan karbon akan memberi kekuatan dan kekakuan pada beton serat komposit. Sudah lebih dari 200.000 ton serat yang digunakan pada beton dimana serat baja menjadi serat yang paling banyak digunakan (50% dari total tonase yang digunakan) diikuti oleh *polypropylene* (20%), kaca (5%) dan serat lainnya (25%) (Banthia, 1994).

Tabel 2.1: Properti mekanis serat yang umum digunakan secara komersial pada beton (Banthia, 1994)

Fiber type	Tensile strength (MPa)	Tensile modulus (GPa)	Tensile strain (%) (max-min)	Fiber diameter ( $\mu\text{m}$ )	Alkali stability, (relative)
Asbestos	600-3600	69-150	0.3-0.1	0.02-30	excellent
Carbon	590-4800	28-520	2-1	7-18	excellent
Aramid	2700	62-130	4-3	11-12	good
Polypropylene	200-700	0.5-9.8	15-10	10-150	excellent
Polyamide	700-1000	3.9-6.0	15-10	10-50	-
Polyester	800-1300	up to 15	20-8	10-50	-
Rayon	450-1100	up to 11	15-7	10-50	fair
Polyvinyl Alcohol	800-1500	29-40	10-6	14-600	good
Polyacrylonitrile	850-1000	17-18	9	19	good
Polyethylene	400	2-4	400-100	40	excellent
Polyethylene pulp (oriented)	-----	-----	-----	1-20	excellent
High Density Polyethylene	2585	117	2.2	38	excellent
Carbon steel	3000	200	2-1	50-85	excellent
Stainless steel	3000	200	2-1	50-85	excellent
AR- Glass	1700	72	2	12-20	good

Naaman dkk. (1989) dalam penelitiannya menyatakan bahwa terdapat dua mekanisme kerja serat dalam menerima beban pada beton, yaitu ikatan tarik (*tensile bond*) dan ikatan geser (*shear bond*). Ikatan tarik terjadi dimana serat memiliki ikatan terhadap beton dalam menahan perpindahan yang disebabkan oleh gaya yang bekerja tegak lurus pada antarmuka serat. Sedangkan ikatan geser ialah kondisi dimana serat yang memiliki ikatan terhadap beton dalam mengontrol transfer tegangan/tarikan yang sejajar dengan serat.

Ketika beton mengalami keretakan, maka beban tegangan akan ditopang oleh serat-serat yang akan menjembatani keretakan tersebut. Dengan demikian ikatan geser memungkinkan beban disalurkan kembali ke bagian yang tidak retak pada beton sehingga ikatan geser menjadi salah satu faktor utama yang mempengaruhi mekanisme kegagalan pada beton serat.

## 2.2. Material Penyusun Beton Serat dengan Campuran Sabut Kelapa

Beton serat merupakan salah satu beton komposit yang menggunakan serat dalam campurannya secara merata atau didistribusikan secara acak. Salah satu serat alami yang dapat digunakan pada beton ialah serat sabut kelapa dimana serat ini merupakan golongan limbah berlimpah yang dapat dimanfaatkan. Beton serat sabut kelapa ini disusun oleh material pembentuk sebagai berikut.

### 2.2.1. Semen Portland

Secara sederhananya semen adalah bahan pengikat (*bonding material*) yang memberikan perkerasan terhadap material campuran lainnya menjadi suatu bentuk yang kaku dan tahan lama. Semen umumnya digunakan bersama-sama dengan batu kerikil dan pasir membentuk satu kesatuan material beton secara monolit. Berdasarkan kegunaannya, semen dapat diklasifikasikan ke dalam 5 jenis. Hal ini tertera pada (SNI 15-2049, 2004) yang mengacu kepada ASTM (*American Society for Testing Materials*).

Tabel 2.2: Jenis dan penggunaan semen portland (SNI 15-2049, 2004)

Jenis	Penggunaan
Tipe I	Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan- persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada tipe lainnya.
Tipe II	Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
Tipe III	Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
Tipe IV	Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi yang rendah.
Tipe V	Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

Sejauh ini, semen yang paling umum dipakai adalah semen tipe I atau yang biasa disebut semen OPC (*Ordinary Portland cement*). Semen ini merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara mengaluskan klinker-klinker yang

terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambah (PUBI, 1982), unsur-unsur penyusun ini dapat dilihat pada Tabel 2.3 sebagai berikut.

Tabel 2.3: Unsur - unsur penyusun utama semen (Tjokrodinuljo, 2007)

Nama Unsur	Simbol	Komposisi Kimia
Trikalsium Silikat	$C_3S$	$3CaO SiO_2$
Dikalsium Silikat	$C_2S$	$2CaO SiO_2$
Trikalsium Aluminat	$C_3A$	$2CaO Al_2O_3$
Tetrakalsium Aluminferrite	$C_4AF$	$2CaO Al_2O_3 Fe_3O_3$

Unsur silika memiliki peran yang cukup penting terhadap proses hidrasi yang dilakukan oleh semen. Hal ini dijelaskan oleh (Nawy, 2009) yang berpendapat ketika semen portland bercampur dengan air selama proses pengerasan sekitar 20% kapur dibebaskan dari senyawa, hal ini dapat menyebabkan disintegrasi struktur karena terbebasnya kapur dari semen. Situasi seperti ini dapat dicegah dengan menambahkan mineral silika seperti pozzolan ke dalam semen. Mineral tambahan tersebut bereaksi dengan kapur dengan adanya kelembaban untuk menghasilkan kalsium silikat yang kuat.

### 2.2.2. Agregat

Agregat adalah bahan penyusun penting dalam beton yang menempati sekitar 70–80 persen dari volume beton, sehingga memiliki pengaruh terhadap karakteristik dan sifat dari beton yang cukup besar. Agregat ini bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh masa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh. Ada dua jenis agregat yang dipakai dalam pembuatan beton yaitu agregat halus dan agregat kasar. Agregat yang berukuran kecil berfungsi untuk mengisi celah yang ada diantara agregat yang lebih besar (Nawy, 2009).

(Shetty, 2005) dalam bukunya mengatakan bahwa agregat dapat diklasifikasikan berdasarkan beratnya sebagai agregat normal (*Normal weight aggregates*), agregat ringan (*Light weight aggregates*) dan agregat berat (*Heavy*

*weight aggregate*). Agregat ringan dan berat berat agregat akan dibahas di tempat lain di bawah topik yang sesuai. Sedangkan berdasarkan pertimbangan ukuran, agregat dibagi menjadi dua kategori yaitu agregat kasar dan agregat halus yang akan dijabarkan sebagai berikut.

#### A. Agregat Halus (Pasir Alami atau Buatan)

Agregat halus (pasir) adalah butiran-butiran mineral yang dapat melewati ayakan berlubang persegi 5 mm dan tertinggal diatas ayakan 0,075 mm. Pasir dapat berupa pasir alam, sebagai hasil disintegrasi alam dari batu-batuan, atau berupa pasir pecahan batu yang dihasilkan oleh alat stone crusher. Berdasarkan (SNI 03-2834, 2000), pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus (daerah gradasi I), agak halus (daerah gradasi II), agak kasar (daerah gradasi III) dan kasar (daerah gradasi IV). Ke-empat gradasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut.

Tabel 2.4: Batas tiap daerah gradasi pada agregat halus (SNI 03-2834, 2000)

Lubang ayakan (mm)	No.	Persentase berat butir agregat lolos ayakan (%)			
		I	II	III	IV
10	3/8 in	100	100	100	100
4,8	No.4	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	No.8	65-95	75-100	85-100	95-100
1,2	No.16	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	No.30	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	No.50	5-20	8-30	12-40	15-50
0,25	No.100	0-10	0-10	0-10	0-15

#### B. Agregat Kasar (Kerikil atau Batu Pecah)

Agregat kasar dapat diklasifikasikan apabila butiran terkecilnya memiliki ukuran yang lebih besar dari 6 mm (Nawy, 2009). Agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton, maka dari itu agregat harus bersih dari bahan-bahan organik dan harus memiliki ikatan yang baik dengan semen. Jenis agregat kasar yang digunakan pada umumnya adalah kerikil dan batu pecah.

Berdasarkan (SNI 03-2834, 2000), agregat kasar merupakan agregat yang butirannya tertahan pada ayakan 4,75 mm (No.4). Hal tersebut dapat dilihat melalui Tabel 2.5 berikut ini.

Tabel 2.5: Spesifikasi daerah gradasi pada agregat kasar (SNI 03-2834, 2000)

Lubang ayakan (mm)	Persen Butir Lewat Ayakan, Diameter Terbesar 37,5 mm	
	Minimum	Maksimum
37,5 (1,5 inci)	0	5
25 (1 inci)	0	10
12,5 ( ½ inci)	25	60
4,75 (No.4)	95	100

### 2.2.3. Sabut Kelapa (*Coconut Fiber*)

Sabut kelapa merupakan limbah yang berasal dari buah kelapa. Sabut kelapa tersusun atas 30% serat dan 70% empulur, dengan kandungan lignin dan fenolik yang tinggi (Panyakaew dan Fotios, 2011). Karena kandungan lignin yang tinggi, sabut kelapa sangat elastis, tahan lama, serta tidak rentan terhadap pembusukan. (Danso, 2017) mengukur serat sabut kelapa dengan diameter rata-rata 400  $\mu\text{m}$  dan panjang rata-rata 103 mm, lebih elastis dibandingkan serat dari kulit batang kelapa sawit. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Cook dkk., 1978), diamati bahwa penggunaan serat sabut kelapa yang optimal adalah dengan panjang 37,5 mm dan volume serat sebanyak 7,5%. Penggunaan sabut kelapa dapat menekan biaya pembuatan beton serat jauh lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan serat pada umumnya seperti serat baja dan serat karbon.

Sabut kelapa digunakan agar dapat menahan tegangan yang diterima beton. Pada saat beton diberi beban maka beton akan terkekang sehingga serat akan mengalami kondisi tarik. Namun serat ini juga mempunyai kelemahan yaitu pada proses pengerjaan harus dilakukan secara teliti dikarenakan besarnya kemampuan dari serat sabut kelapa untuk saling mengikat satu sama lain yang dapat menyebabkan penggumpalan pada campuran beton sehingga menurunkan kelecakan (tingkat kemudahan campuran beton untuk diaduk, diangkut, dituang, dan dipadatkan).

### 2.3. Bahan Tambah (*Admixture*)

Bahan tambah didefinisikan sebagai bahan selain semen, air dan agregat yang digunakan sebagai bahan penyusun beton dan ditambahkan ke dalam campuran beton sebelum atau selama proses pengadukan (Shetty, 2005). Karena bahan tambah digunakan untuk meningkatkan mutu beton maka dalam proses pengerjaannya baik dalam proses pengadukan maupun dalam proses penuangannya perlu dilakukan secara teliti, sehingga dapat memberikan hasil yang lebih optimal pada beton.

#### 2.3.1. Abu Sekam Padi

Abu sekam padi (*rice-husk ash*) merupakan limbah dari pembakaran sekam padi yang banyak ditemukan di negara tropis seperti Indonesia. Abu sekam padi dihasilkan melalui pembakaran pada suhu yang tidak melebihi 800°C selama beberapa menit. Melalui penelitiannya, Zhang dan Malhotra (1996) menjelaskan bahwa abu sekam padi mengandung kandungan karbon 5,91 persen, dan karena itu berwarna hitam. Analisis kimia menunjukkan bahwa bahan penyusun utama abu sekam padi ialah silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ) dengan bobot sebanyak 87,2 %. Komposisi kimia dan sifat fisik dari abu sekam padi ditunjukkan pada Tabel 2.6.

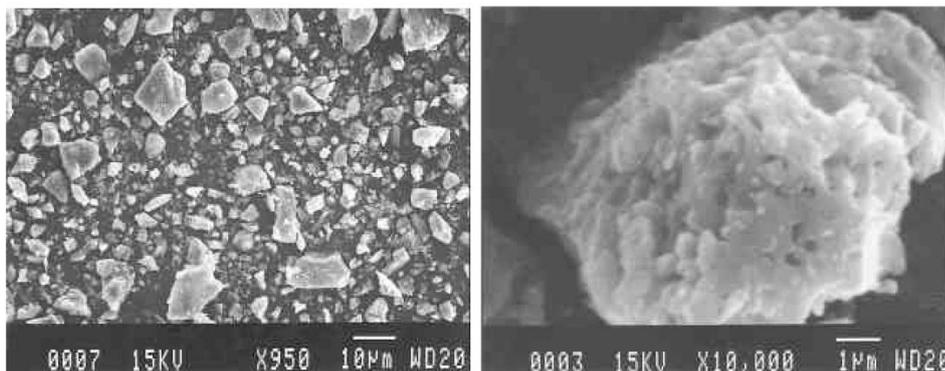
Tabel 2.6: Sifat dan analisis kimia abu sekam padi (Zhang dan Malhotra, 1996)

Physical tests		
Specific gravity	2.06	-
passing 45 $\mu\text{m}$	99.0	%
nitrogen absorption	38.9	$\text{m}^2/\text{g}$
median grain size	7	$\mu\text{m}$
Chemical analysis		
Silicon dioxide ( $\text{SiO}_2$ )	87.2	%
Aluminum oxide ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )	0.15	%
Ferric oxide ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	0.16	%
Calcium oxide ( $\text{CaO}$ )	0.55	%
Magnesium oxide ( $\text{MgO}$ )	0.35	%
Sodium oxide ( $\text{Na}_2\text{O}$ )	1.12	%
Potassium oxide ( $\text{K}_2\text{O}$ )	3.68	%

Tabel 2.6: *Lanjutan*

Chemical analysis		
Phosphorus oxide ( $P_2O_5$ )	0.50	%
Titanium oxide ( $TiO_2$ )	0.01	%
Sulfur trioxide ( $SO_3$ )	0.24	%
Carbon (C)	5.91	%
Loss on ignition	8.55	%

Pengujian mikroskop elektron (Gambar 2.1) menunjukkan bahwa permukaan abu sekam padi sangatlah berpori yang menyebabkan material ini memiliki permukaan spesifik yang tinggi. Zhang dan Malhotra (1996) mengatakan hal ini diakibatkan oleh kondisi bentuk mikro strukturnya, bukan karena kandungan karbonnya yang tinggi.



Gambar 2.1: Kondisi mikroskopik partikel abu sekam padi (Zhang dan Malhotra, 1996)

### 2.3.2. Accelerator

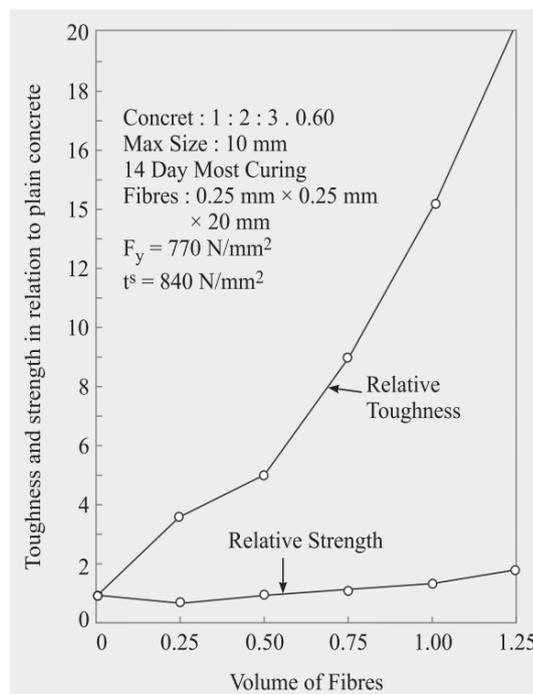
Accelerator adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat waktu pengerasan beton. (Fadillah dkk., 2017) menjelaskan bahwa penggunaan accelerator sendiri biasanya untuk pengecoran beton dalam air, pekerjaan perbaikan di tepi laut pada area pasang surut, atau jika elemen struktur beton yang diperlukan untuk segera dibebani oleh pekerjaan berikutnya dalam kaitan dengan waktu pelaksanaan yang ketat. Hal ini disebabkan karena fungsi accelerator sendiri untuk mempercepat proses pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.

## 2.4. Faktor yang Mempengaruhi Beton Serat dengan Sabut Kelapa

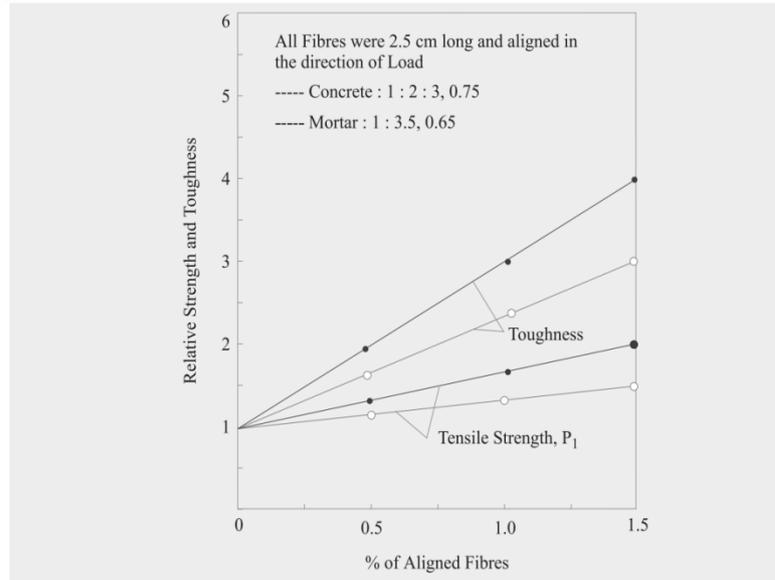
Ada berbagai faktor yang mempengaruhi properti beton serat terhadap penggunaan sabut kelapa, hal tersebut tergantung pada transfer tegangan yang efisien antara beton dan serat, yang sebagian besar bergantung pada posisi, orientasi serta distribusi serat, teknik pencampuran dan pemadatan, serta ukuran dan bentuk agregat. Faktor-faktor yang mempengaruhi penggunaan sabut kelapa pada beton serat secara singkat dibahas berikut ini.

### 2.4.1. Volume Serat

Kekuatan beton serat sangat tergantung pada jumlah serat digunakan di dalamnya. Gambar 2.2 dan Gambar 2.3 menunjukkan efek volume serat pada ketangguhan dan kekuatan pada beton. Hal ini bisa dilihat dari Gambar 2.3 bahwa seiring dengan meningkatnya volume serat, kekuatan tarik dan ketangguhan beton meningkat secara linear. Namun penggunaan persentase serat yang tinggi cenderung menyebabkan segregasi pada campuran beton.



Gambar 2.2: Hubungan antara volume serat dan kekuatan beton (Shetty, 2005)



Gambar 2.3: Hubungan antara persentase serat dan kekuatan beton (Shetty, 2005)

#### 2.4.2. Aspek Rasio Serat

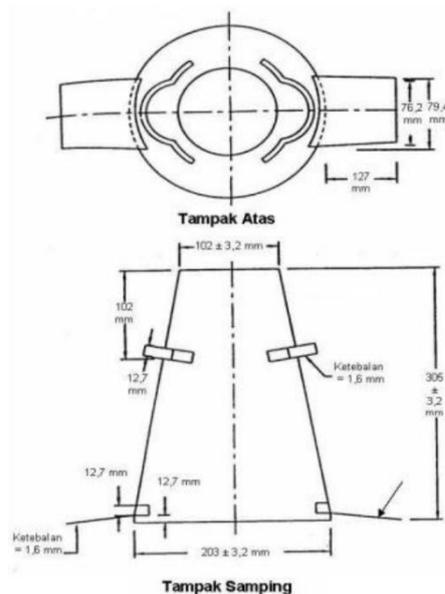
Penambahan serat ke dalam adukan beton akan menurunkan kelecakan (workability) adukan beton sejalan dengan pertambahan konsentrasi dan aspek rasio fiber (Balaguru dan Ramakrishnan, 1988). Kelecakan adukan beton sangat dipengaruhi oleh diameter maksimal agregat, faktor air-semen, volume semen, maupun pemakaian bahan tambah. Namun begitu jika konsentrasi dan aspek rasio serat melampaui suatu batas tertentu, tetap akan didapat suatu adukan dengan tingkat kelecakan yang sangat rendah, sehingga sulit diaduk dengan cara biasa.

#### 2.4.3. Ukuran Serat

Serat bertindak sebagai agregat meskipun memiliki geometri yang sederhana, yang mana dapat memberikan pengaruh pada sifat beton segar bersifat kompleks. Gesekan antar partikel sesama serat, dan antara serat dan agregat mempengaruhi orientasi dan distribusi serat yang akan mengakibatkan perubahan pada sifat kompositnya. Gesekan ini dapat memberikan pengaruh terhadap pencampuran bahan secara merata yang signifikan pada saat proses pengadukan berlangsung.

## 2.5. Pengujian Beton Segar (*Slump*)

Slump merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adonan beton. Hal ini berkaitan dengan tingkat kemudahan pengerjaan ( *workability* ). Makin tinggi nilai slump berarti semakin cair adonan betonnya, sehingga adonan beton semakin mudah dikerjakan (Fauzia, 2006). Slump beton adalah penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton yang diukur segera setelah cetakan uji slump diangkat sebagaimana yang telah dijelaskan oleh (SNI 03-1972, 2008) tentang proses pengujian *slump test*. Pengujian slump bertujuan untuk mengetahui nilai viscosity pada beton dengan mengukur penurunan benda uji terhadap tinggi kerucut (Gambar 2.4).



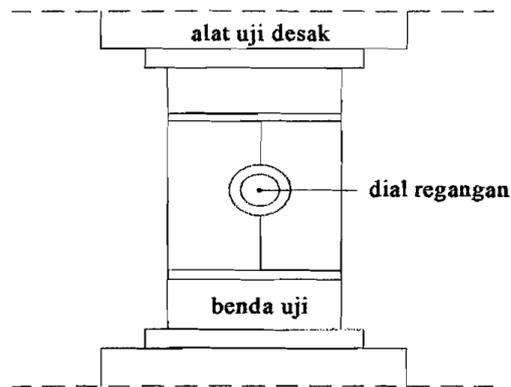
Gambar 2.4: Kerucut Abrams  
(SNI 03-1972, 2008)

## 2.6. Kuat Tekan

Departemen Pekerjaan Umum melalui (SNI 03-1974, 1990) menjelaskan yang dimaksudkan dengan kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin uji tekan.

(Prabowo, 2006) melalui penelitiannya dengan menggunakan silinder berdiameter 15 cm tinggi 30 cm memberikan kesimpulan bahwa semakin tinggi

konsentrasi *fiber* pada campuran beton maka semakin meningkatkan nilai kuat tekannya. *Fiber* yang digunakan adalah serat kawat bendrat dengan panjang 9 cm yang disebar secara acak dengan variasi penambahan serat 1%, 2%, dan 3% dari berat beton diperoleh peningkatan kuat tekan secara berurutan sebesar 16,9%, 28.3%, dan 34.6% terhadap beton normalnya.



Gambar 2.5: Pengujian kuat tekan  
(Fauzia, 2006)

Penghitungan kekuatan tekan beton dimaksudkan untuk mencari mutu dari beton dan ukuran dari mutu pelaksanaannya melalui mesin hidrolik tekan (Gambar 2.5). Untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton dan kuat tekan rata-rata dari suatu benda uji digunakan rumus dengan Pers. 2.1 dan 2.2 di bawah ini.

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

$$f'_{cr} = \frac{\sum_{i=1}^N f'_c}{N} \quad (2.2)$$

Keterangan:

$P$  = beban maksimum (N)

$A$  = luas penampang benda uji ( $\text{mm}^2$ )

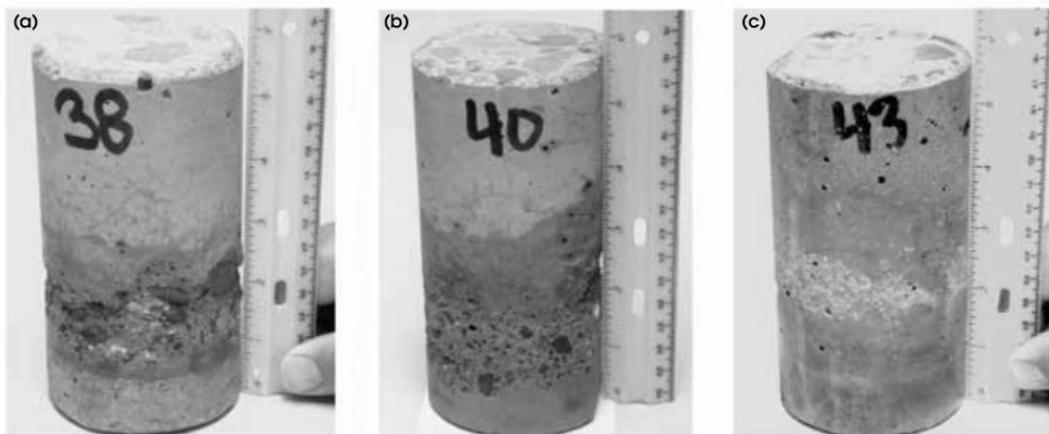
$f'_c$  = kuat tekan beton benda uji (MPa)

$f'_{cr}$  = kuat tekan beton rata-rata (MPa)

$N$  = jumlah benda uji

## 2.7. Durabilitas

Durabilitas beton adalah daya tahan yang dipengaruhi oleh kontak fisik beton terhadap udara maupun cairan melalui permukaan porinya (Papadakis dkk., 1991). Serangan garam, dalam hal ini menjadi salah satu faktor penting yang harus dikaji dalam masalah durabilitas beton. Hal ini banyak ditemukan pada air laut atau air tanah yang banyak mengandung garam sulfat yang bersifat reaktif terhadap beton. Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Haynes dan Bassuoni, 2011) dengan merendam beton pada tiga jenis larutan sodium yang berbeda, dari ketiga jenis larutan sodium (*sodium sulfate*, *sodium carbonate*, *sodium chloride*) ditemukan bahwa sodium sulfat mengakibatkan kerusakan terbesar terhadap beton dimana beton yang memiliki rasio air-semen tinggi mengalami pelapukan dan kerusakan terbesar terhadap sodium sulfat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6: Kondisi beton setelah direndam selama 104 minggu pada larutan: (a) 5% *sodium sulfate*, (b) 5% *sodium carbonate*, dan (c) 5% *sodium chloride*. (Haynes dan Bassuoni, 2011)

## 2.8. Efflorescence

*Efflorescence* atau pengkristalan adalah endapan kristal yang terlepas dari beton atau mortar sebagai zat yang dapat larut kalsium hidroksida dan dalam periode singkat akan bereaksi dengan karbondioksida pada udara membentuk kalsium karbonat yang tidak larut, biasanya berwarna putih, abu-abu atau hitam tergantung wilayah dan tingkat kelembapannya (Sutan dan Sinin, 2012). Efflorescence dapat terjadi pada permukaan dari plesteran semen, beton atau batu

bata dimana garam-garaman yang bersifat alkali terbawa kepermukaan yang ketika terakumulasi, bentuknya menjadi permukaan padat dan sangat keras yang mirip dengan bentuk stalaktit pada gua.

Haynes dan Bassuoni (2011) dalam penelitiannya menjelaskan mekanisme terjadinya fenomena tersebut dimana garam sulfat dan natrium karbonat dapat mengalami transformasi fase hidrasi apabila terjadi perubahan suhu lingkungan atau kelembaban. Konversi dari fase hidrat yang lebih rendah ke fase hidrat yang lebih tinggi adalah disertai dengan peningkatan volume yang cukup besar. Misalnya, konversi fase natrium sulfat diketahui sebagai *thenardite* ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) ke fase yang dikenal sebagai *mirabilite* ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) disertai dengan 314% peningkatan volume. *Thenardite* telah diamati larut ke dalam larutan sebelum kristalisasi *mirabilite* terjadi, mengindikasikan bahwa tekanan kristalisasi dari pengendapan garam dan pertumbuhan kristal berkontribusi terhadap serangan garam. Jika tekanannya lebih besar dari kekuatan tarik pada permukaan pori dimana pertumbuhan kristal terjadi, maka dapat mengakibatkan keretakan mikro yang akan berkembang di area sekitarnya.

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Uraian Umum

Metodologi penelitian adalah suatu ilmu yang mempelajari bagaimana cara membuat suatu penelitian ilmiah yang benar, dimana penelitian ilmiah merupakan kegiatan yang dilakukan dengan aturan yang ketat dan tujuannya untuk membangun pengetahuan yang akhirnya melahirkan ilmu (Syahza, 2021).

Penelitian yang dilaksanakan pada tugas akhir ini tidak terlepas dari data-data pendukung. Data pendukung yang diperoleh dari hasil penelitian di laboratorium ini dibagi menjadi dua jenis sebagai berikut.

##### 1. Data primer

Data ini terdiri dari:

- a. Pemeriksaan bahan dan material
- b. Perbandingan dalam campuran beton (Mix design)
- c. Kekentalan adukan beton segar (Slump)
- d. Pengujian durabilitas beton
- e. Pengujian kuat tekan beton

##### 2. Data sekunder

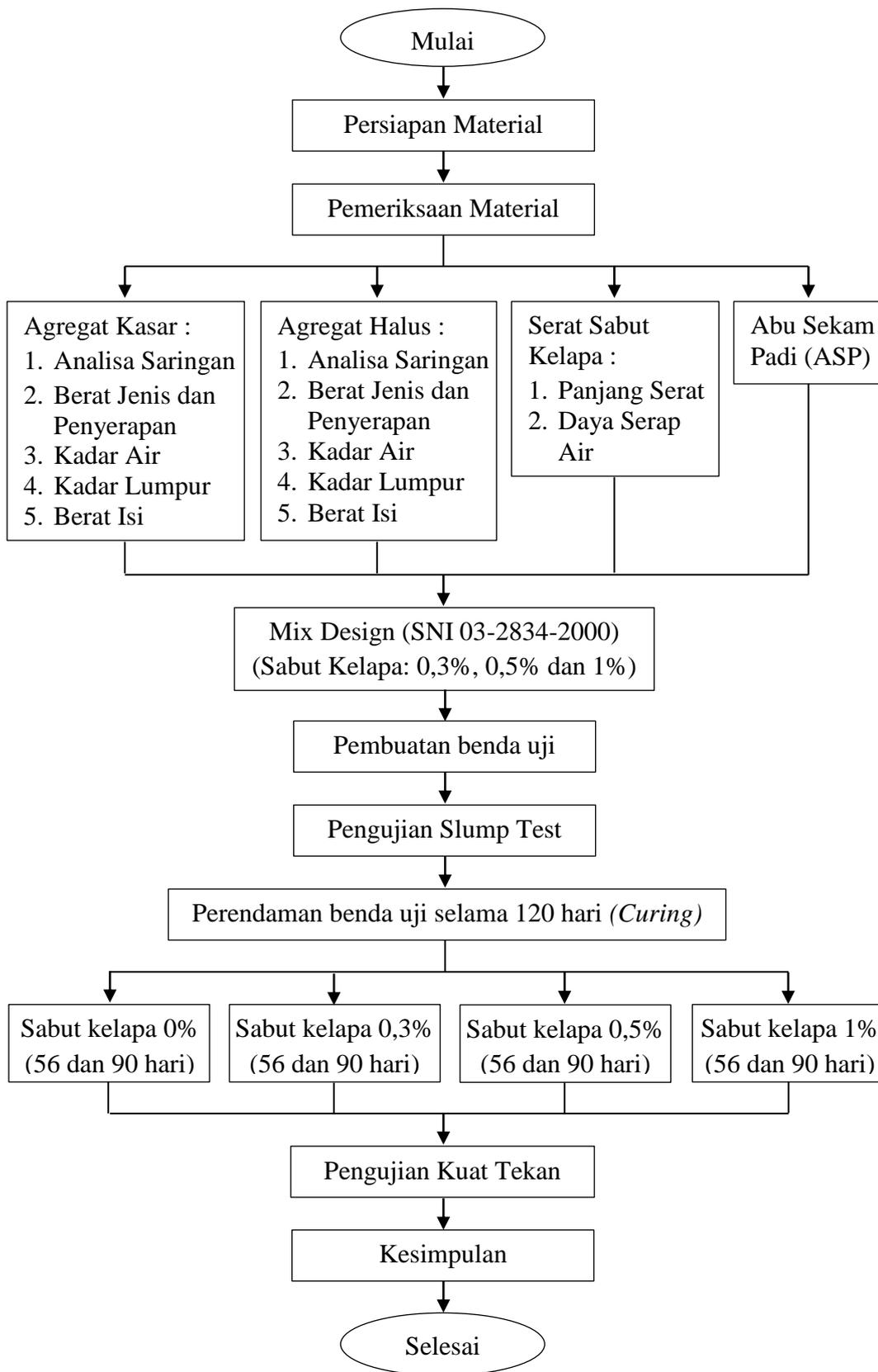
Data sekunder ini merupakan data berupa literasi yang diperoleh dari sekumpulan buku dan jurnal yang terkait dengan penelitian yang mengacu kepada referensi pembuatan beton berdasarkan:

- a. (SNI 03-2834, 2000) tentang tata cara pembuatan rencana beton normal.
- b. Jurnal-jurnal ilmiah serta buku-buku sebagai acuan yang mendukung jalannya penelitian ini.
- c. Laporan Praktikum Beton, sebagai referensi untuk menunjang dalam penelitian ini.

Sebuah permasalahan yang telah diuraikan akan terjawab dengan dilakukannya penelitian secara bertahap yang sebelumnya sudah dirangkai dalam sebuah metode penelitian. Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Persiapan bahan dan material  
Kegiatan ini dilakukan dengan mempersiapkan bahan dan material-material yang dibutuhkan sebelum dilakukannya pemeriksaan material.
2. Pemeriksaan material  
Pemeriksaan material dilakukan melalui tahapan pemeriksaan material seperti data properti material dan sifat-sifat mekanisnya yang dibutuhkan dalam menentukan perencanaan campuran beton.
3. Mix Design  
Dalam tahapan ini diperlukan adanya bimbingan oleh dosen pembimbing untuk meminimalisir terjadinya kesalahan perhitungan dalam menganalisa dan merencanakan kebutuhan pada campuran beton.
4. Pembuatan benda uji  
Setelah material dipersiapkan dengan proporsi campuran yang telah direncanakan sesuai perencanaan mix design, maka benda uji siap untuk dibuat melalui pencampuran semua material campuran beton ke dalam mixer.
5. Pencetakan benda uji  
Slump Test dilakukan dilakukan sebelum tahap pencetakan pada beton segar, kemudian beton segar yang telah dibuat dimasukkan ke dalam cetakan silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
6. Perawatan benda uji  
Setelah benda uji dicetak dan dibiarkan selama 24 jam, benda uji lalu direndam dengan memasukkan ke dalam bak air selama 120 hari.
7. Perendaman air garam  
Benda uji yang telah direndam sampai mencapai umur beton kemudian diangkat dan dibiarkan selama 24 jam. Setelah itu benda uji ditempatkan pada larutan garam sulfat 3,5% selama 28 hari dan 56 hari.
8. Pengujian kuat tekan  
Setelah benda uji melalui proses perendaman air garam, lalu diangkat dan dibiarkan selama 24 jam, kemudian dilakukan pengujian kuat tekan pada benda uji melalui mesin *Compression Machine*.

Adapun langkah-langkah penelitian ini sebagaimana ditunjukkan pada diagram berikut (Gambar 3.1).



Gambar 3.1: *Flow Chart* tahapan penelitian

### **3.2. Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, penelitian ini dilakukan selama  $\pm$  8 bulan.

### **3.3. Alat dan Bahan**

#### **3.3.1. Alat**

Untuk mendapatkan hasil yang diharapkan maka dalam penelitian ini diperlukan peralatan yang fungsinya untuk melaksanakan pengujian terhadap bahan maupun sampel yang dibuat. Peralatan yang digunakan meliputi:

1. Satu set saringan dengan nomor ayakan berturut-turut No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, dan No.100 untuk agregat halus, dan 1½", 3/4", 3/8" dan No.4 untuk agregat kasar.
2. Timbangan digital.
3. Mesin pengaduk beton (molen/*mixer*).
4. Cetakan benda uji silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
5. Kerucut Abrams
6. Bak perendam.
7. Mesin kompres (*compression testing machine*)

#### **3.3.2. Bahan**

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Semen  
Pada penelitian ini akan digunakan semen Portland (semen jenis 1) dengan merek Semen Andalas 50 kg.
2. Agregat  
Agregat kasar (batu split) dan halus (pasir) berasal dari Binjai.
3. Air  
Air yang digunakan pada penelitian ini berasal dari PDAM Tirtanadi.
4. Abu sekam padi  
Abu sekam padi pada penelitian ini di dapat dari daerah Deli Serdang.
5. Sabut kelapa  
Penggunaan serat sabut kelapa pada penelitian ini didapat secara komersial.

### **3.4. Pemeriksaan Material dan Bahan**

Untuk mendapatkan hasil yang akurat, perlu dilakukan beberapa tahap pengujian terhadap material dan bahan maupun sampel dengan menggunakan metode yang telah ditetapkan sebelumnya. Tahapan ini sebagaimana dijelaskan berikut ini.

#### **3.4.1. Persiapan Bahan-Bahan Dasar**

Pengujian ini diawali dengan membersihkan material dari kandungan lumpur sehingga dapat terbebas dari unsur-unsur organik lainnya.

#### **3.4.2. Pengujian Analisa Saringan**

Analisis saringan agregat ialah penentuan persentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butir (SNI 03-1968, 1990). Urutan proses dalam pengujian ini berdasarkan SNI 03-1968-1990 adalah sebagai berikut:

1. Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ , sampai berat tetap.
2. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

Dimana satu set saringan yang digunakan meliputi; 76,2 mm (3"); 37,5 mm (1½"); 19,1 mm (¾"); 9,5 mm (⅜"); No.4 (4,75 mm); No.8 (2,36 mm); No.16 (1,18 mm); No.30 (0,600 mm); No.50 (0,300 mm); No.100 (0,150 mm); No.200 (0,075 mm).

#### **3.4.3. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan**

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis dan penyerapan air pada agregat yang akan digunakan dalam menghitung volume beton. Pengujian ini mengacu kepada (SNI 03-1969, 1990) dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Berat Jenis Curah Kering} = \frac{a}{(b - c)} \quad (3.1)$$

$$\text{Berat Jenis Kering Permukaan} = \frac{b}{(b - c)} \quad (3.2)$$

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{a}{(a - c)} \quad (3.3)$$

$$\text{Penyerapan Air} = \left[ \frac{b - a}{a} \right] \times 100\% \quad (3.4)$$

dengan:

$a$  = berat benda uji kering oven (gr)

$b$  = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gr)

$c$  = berat benda uji dalam air (gr)

#### 3.4.4. Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh angka persentase dari kadar air yang dikandung oleh agregat. Pengujian ini dilakukan berdasarkan acuan dari (SNI 03-1971, 1990) tentang metode pengujian kadar air agregat dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{W_3 - W_5}{W_5} \times 100\% \quad (3.5)$$

keterangan:

$W_3$  = berat benda uji semula (gram)

$W_5$  = berat benda uji kering (gram)

Dimana urutan proses pengujiannya adalah sebagai berikut:

1. timbang dan catatlah berat talam ( $W_1$ ),
2. masukan benda uji ke dalam talam kemudian timbang dan catat beratnya ( $W_2$ ),
3. hitunglah berat benda uji ( $W_3 = W_2 - W_1$ ),
4. keringkan benda uji dengan oven pada suhu ( $110 \pm 5$ ) °C sampai beratnya tetap,
5. setelah kering timbang dan catat berat benda uji beserta alam ( $W_4$ ),
6. hitunglah berat benda uji kering ( $W_5 = W_4 - W_1$ ).

### 3.4.5. Pengujian Berat Isi

Pengujian berat isi agregat dilakukan untuk mengetahui volume produksi campuran beton, kadar semen yang digunakan dan kadar udara dalam beton dalam suatu campuran beton segar. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan panduan (SNI 03-1973, 1990) berdasarkan Pers. 3.6 berikut:

$$\text{Berat isi agregat} = \frac{M_c - M_m}{V_m} \quad (3.6)$$

dengan:

$M_c$  = berat wadah ukur yang diisi agregat (kg)

$M_m$  = berat wadah ukur (kg)

$V_m$  = volume wadah ukur (m<sup>3</sup>)

### 3.4.6. Pengujian Kandungan Lumpur

Pengujian kadar lumpur pasir dilakukan untuk mengetahui kelayakan pasir yang akan digunakan dalam mortar. Pengujian ini mengacu pada (PBI, 1971) pasal 14 ayat 2b. Metode pengujian kandungan lumpur pada pasir sebagai berikut:

1. Timbang bejana yang akan digunakan sebagai wadah pasir.
2. Timbang pasir sebanyak 100 gram lalu masukan dalam gelas ukur 250 cc.
3. Masukkan air pada gelas ukur yang telah diisi pasir, hingga ketinggian air mencapai 12 cm dari permukaan pasir.
4. Kocok gelas ukur  $\pm$  15 kali, lalu diamkan selama 1 menit, kemudian buang air keruh perlahan-lahan agar pasir tidak ikut terbang.
5. Percobaan diulangi sampai 1 - 5 kali, hingga air menjadi jernih.
6. Pisahkan pasir dengan air, kemudian pasir ditempatkan dalam bejana yang sudah ditimbang.
7. Masukkan pasir tersebut ke dalam oven dengan suhu 105 °C – 110 °C selama  $\pm$  36 jam. Kemudian keluarkan pasir dari oven. didinginkan lalu ditimbang
8. Perhitungan Kandungan lumpur berdasarkan Pers. 3.7 berikut.

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{Bo-B'}{Bo} \times 100\% \quad (3.7)$$

9. Presentase kandungan lumpur tidak boleh lebih dari 5%, jika didapat kadar lumpur dalam pasir lebih dari 5% maka pasir harus di cuci dahulu.

### 3.5. Penetapan Benda Uji Beton

Dalam penelitian ini dibutuhkan beberapa sampel benda uji berdasarkan variabel-variabel yang ditetapkan. Adapun banyak sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1: Sampel benda uji rencana

No	Kode	Sabut Kelapa terhadap berat beton	Abu Sekam Padi terhadap berat semen	Keterangan
1	FOS5	0%	1%	Perendaman dalam larutan garam sulfat selama 56 hari
2	FS13	0,3%	1%	
3	FS14	0,5%	1%	
4	FS15	1,0%	1%	
5	FOS7	0%	1%	Perendaman dalam larutan garam sulfat selama 90 hari
6	FS19	0,3%	1%	
7	FS20	0,5%	1%	
8	F521	1%	1%	

### 3.6. Perhitungan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton (*mix design*) dalam penelitian ini menggunakan pedoman standar (SNI 03-2834, 2000) dan berdasarkan kebutuhan pembuatan benda uji ditambah sebanyak 10% dengan kemungkinan tercecernya bahan adukan beton selama proses pembuatan benda uji. Adapun langkah-langkah perhitungan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kuat tekan beton yang direncanakan ( $f^c$ ) pada umur tertentu.
2. Menghitung deviasi standar berdasarkan Pers. 3.8.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (3.8)$$

Keterangan:

$S$  = standar deviasi

$x_i$  = kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji

$\bar{x}$  = kuat tekan beton rata-rata menurut rumus :

$$\bar{x} = \frac{\sum_i^n x_i}{n} \quad (3.9)$$

Dimana:

n adalah jumlah nilai hasil uji, yang harus diambil minimum 30 buah (satu hasil uji adalah nilai uji rata-rata dari 2 buah benda uji.), apabila suatu produksi beton tidak mempunyai dua hasil uji yang memenuhi deviasi standar, tetapi hanya ada sebanyak 15 sampai 29 hasil uji yang berurutan, maka nilai deviasi standar adalah perkalian deviasi standar yang dihitung dari data hasil uji tersebut dengan faktor pengali berdasarkan Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2: Faktor pengali untuk deviasi standar (SNI 03-2834, 2000)

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
< 15	$f'c + 12$ Mpa
15	1,16
20	1,08
25	1,03
$\geq 30$	1,00

3. Menentukan nilai tambah margin berdasarkan Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3: Nilai tambah margin (SNI 03-2834, 2000)

Tingkat Mutu Pekerjaan	M (MPa)
Memuaskan	2,8
Hampir memuaskan	3,5
Sangat baik	4,2
Baik	5,7
Sedang	6,5
Kurang	7,0

4. Menghitung kuat tekan beton rata rata  $f_{cr}$  berdasarkan Pers. 3.10 berikut.

$$f_{cr} = f'c + S + M \quad (3.10)$$

Keterangan:

$f_{cr}$  = kuat tekan rata-rata perlu (Mpa)

$f'c$  = kuat tekan yang direncanakan (Mpa)

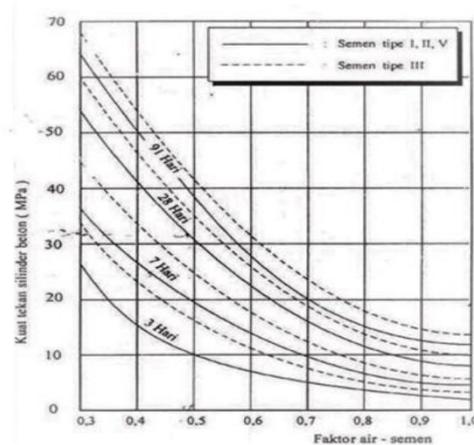
$S$  = standar deviasi

$M$  = nilai tambah margin

5. Menentukan jenis/tipe semen yang digunakan.
6. Penetapan jenis agregat.
7. Penetapan nilai faktor air semen bebas dengan enghubungan kuat tekan dan faktor air semen yang diperoleh dari penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman dapat menggunakan acuan pada Tabel 3.4 grafik serta pada gambar 3.2.

Tabel 3.4: Perkiraan kekuatan tekan beton (SNI 03-2834, 2000)

Jenis semen	Jenis agregat Kasar	Kekuatan tekan (Mpa)					Bentuk Bentuk uji
		Pada umur (hari)				Bentuk uji	
		3	7	28	29		
Semen portland Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder	
	Batu pecah	19	27	37	45		
Semen tahan sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus	
	Batu pecah	25	32	45	54		
Semen portland Tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder	
	Batu pecah	25	33	44	48		
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus	
	Batu pecah	30	40	53	60		



Gambar 3.2: Grafik hubungan antara kuat tekan dan daktor air semen (SNI 03-2834, 2000)

8. Menentukan faktor air semen maksimum atau dapat ditetapkan sebelumnya atau tidak. Jika nilai faktor air semen digunakan apabila nilai yang diperoleh dari butir 7 di atas lebih besar dari batas maksimum.

9. Menetapkan nilai slump.
10. Menentukan ukuran besar butir agregat maksimum jika tidak ditetapkan.
11. Menentukan nilai kadar air bebas berdasarkan Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3.5: Perkiraan kadar air bebas (SNI 03-2834, 2000)

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	---	---	---	---
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

12. Menghitung jumlah semen minimum adalah kadar air bebas dibagi faktor air semen berdasarkan Pers. 3.11 berikut.

$$W_{semen} = \frac{W_{air}}{fas} \quad (3.11)$$

Keterangan:

$W_{semen}$  = jumlah semen ( $\text{kg/m}^3$ )

$W_{air}$  = kadar air bebas

$fas$  = faktor air semen bebas

13. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan.
14. Menentukan jumlah semen minimum berdasarkan tabel 3.6.

Tabel 3.6: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum (SNI 03-2834, 2000)

Lokasi	Jumlah Semen minimum per $\text{m}^3$ beton (kg)	Nilai faktor air semen maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,62
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52

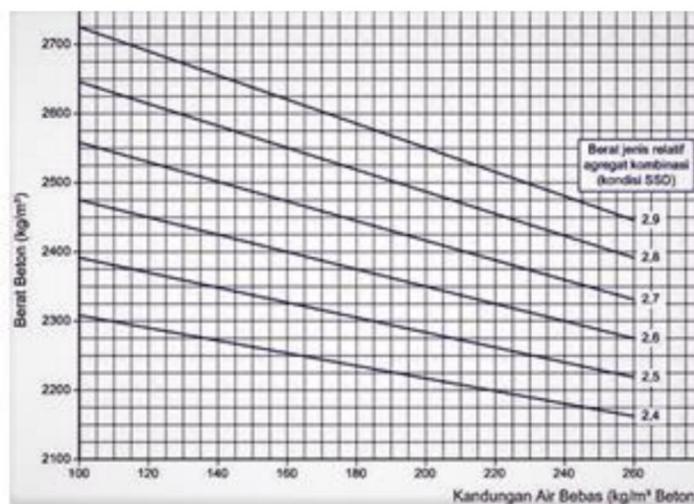
Tabel 3.6: Lanjutan

Lokasi	Jumlah Semen minimum per m <sup>3</sup> beton (kg)	Nilai faktor air semen maksimum
Beton di luar ruang bangunan:		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah:		
a. Mengalami keadaan basah dan kering bergantian.	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah.		
Beton yang kontinyu berhubungan:		
a. Air tawar		
b. Air laut		

15. Menentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka faktor air semen harus diperhitungkan kembali.

16. Menghitung berat jenis relatif agregat dari data hasil uji laboratorium.

17. Perkiraan berat isi beton berdasarkan Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton (SNI 03-2834, 2000)

18. Menghitung kadar agregat gabungan berdasarkan berat jenis beton yang dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air bebas.
19. Menghitung kadar agregat halus yang besarnya adalah hasil kali persen pasir.
20. Menghitung kadar agregat kasar yang besarnya adalah kadar agregat gabungan yang dikurangi kadar agregat halus.
21. Proporsi campuran, kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan.
22. Mengkoreksi proporsi campuran berdasarkan volume benda uji.

### 3.7. Pembuatan Benda Uji

Setelah mendapatkan komposisi yang direncanakan untuk kuat tekan tertentu, maka proses selanjutnya adalah pencampuran dan pengadukan di lapangan. Secara umum pengadukan dilakukan sampai didapatkan suatu sifat yang plastis dalam sebuah campuran beton segar.

#### 3.7.1. Pengujian Slump

Slump merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan dan *workability* suatu adukan beton. Tingkat kelecakan itu berkaitan erat. Semakin besar nilai slump berarti semakin cair adukan betonnya sehingga adukan beton semakin mudah dalam melakukan pengerjaannya. Pengujian slump dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh (SNI 03-1972, 2008). Penetapan nilai slump dapat mengacu kepada Peraturan Beton Indonesia (PBI, 1971) dalam penetapan nilai slump adukan beton melalui Tabel 3.7 berikut.

Tabel 3.7: Nilai Slump untuk berbagai macam pekerjaan (PBI, 1971)

Uraian	Slump (cm)	
	maksimum	minimum
Dinding, pelat fondasi dan fondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Fondasi telapak tidak bertulang, kaison dan konstruksi di bawah tanah	9,0	2,5
Pelat, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan masal	7,5	2,5

### **3.7.2. Perawatan Benda Uji (*Curing*)**

Perawatan beton dilakukan setelah beton dikeluarkan dari cetakan, yang dilakukan dengan cara merendam benda uji ke dalam air sampai mencapai 120 hari. Setelah dilakukan perawatan berupa perendaman benda uji selama 120 hari maka sampel siap untuk diuji.

### **3.8. Pengujian Durabilitas**

Setelah dilakukan perawatan berupa perendaman benda uji selama 120 hari maka dilakukan ketahanan pada sampel. Pada pengujian durabilitas ini yang akan diuji adalah ketahanan terhadap serangan garam. Adapun langkah-langkah yang dilakukan yaitu:

1. Benda uji diangkat dari rendaman air dan dibersihkan dari kotoran yang menempel dengan menggunakan kain,
2. Benda uji dikeringkan selama 24 jam,
3. Dilakukan penimbangan benda uji,
4. Membuat larutan garam dengan memasukkan garam sulfat ke dalam wadah yang telah terisi air dengan rasio perbandingan garam/air adalah 1:30,
5. Benda uji direndam ke dalam larutan garam selama 56 dan 90 hari,
6. Setelah mencapai target waktu, benda uji diangkat dan dibersihkan dari kotoran yang menempel,
7. Dilakukan pengamatan secara visual pada benda uji.

### **3.9. Pengujian Kuat Tekan**

Pengujian Kuat Tekan dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh (SNI 03-1974, 1990). Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji tekan (*compression test machine*). Sebelum dilakukan pengujian, benda uji terlebih dahulu ditimbang dan diberikan *capping* pada kedua bagian permukaannya agar dapat diletakkan berdiri secara tegak pada alat penguji kemudian beban tekan diberikan merata arah tegak dari atas pada seluruh panjang silinder. Jumlah sampel pengujian direncanakan sebanyak 10 buah.

## **BAB 4**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Tinjauan Umum**

Penelitian ini menggunakan material agregat yang berasal dari Binjai dimana agregat halus yang digunakan telah lolos saringan No.8 dan agregat kasar telah lolos saringan 1½". Kemudian material agregat dicuci untuk menghilangkan kandungan lumpur dan sampah organik lainnya, lalu material tersebut dikeringkan pada lapangan terbuka.

Prosedur pengujian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu terdiri dari tahap persiapan material, pembuatan benda uji dan percobaan utama. Tahap persiapan pengujian dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan jenis agregat. Pemeriksaan dilakukan di Laboratorium mengikuti panduan dari SNI tentang pemeriksaan agregat dan buku panduan praktikum beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

#### **4.2. Pemeriksaan Agregat Halus**

Tujuan dilakukannya pemeriksaan sifat fisik agregat halus adalah untuk mengetahui karakteristik agregat halus yang akan digunakan sebagai bahan penyusun beton. Sebagai material penyusun beton, agregat halus mempunyai peran yang sangat penting dalam mempengaruhi kekuatan beton, agar mendapatkan kualitas yang baik maka perlu dilakukan pemeriksaan agregat. Pengujian yang dilakukan terhadap agregat halus meliputi pengujian analisa saringan, berat jenis dan penyerapan air, kadar air dan kadar lumpur serta berat isi.

##### **4.2.1. Analisa Saringan Agregat Halus**

Pengujian analisa saringan dilakukan berdasarkan acuan SNI 03-1968-1990 tentang metode pengujian analisis saringan agregat halus dan kasar. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1: Hasil pengujian analisa saringan agregat halus

Ukuran Saringan		Berat Tertahan	Persentase Tertahan	Persentase Kumulatif	
SNI	ASTM	(gram)	(%)	Tertahan (%)	Lolos (%)
9,6	3/8"	0	0	0	100
4,8	No.4	99	4,95	4,95	95,05
2,4	No.8	205	10,25	15,20	84,80
1,2	No.16	387	19,35	34,55	65,45
0,6	No.30	301	15,05	49,60	50,40
0,3	No.50	561	28,05	77,65	22,35
0,15	No.100	330	16,50	94,15	5,85
Pan		117	5,85		0
Total		2000	100	276,10	

Berdasarkan Tabel 4.1, maka nilai modulus halus butir (MHB) / modulus kehalusan dapat dihitung sebagai berikut:

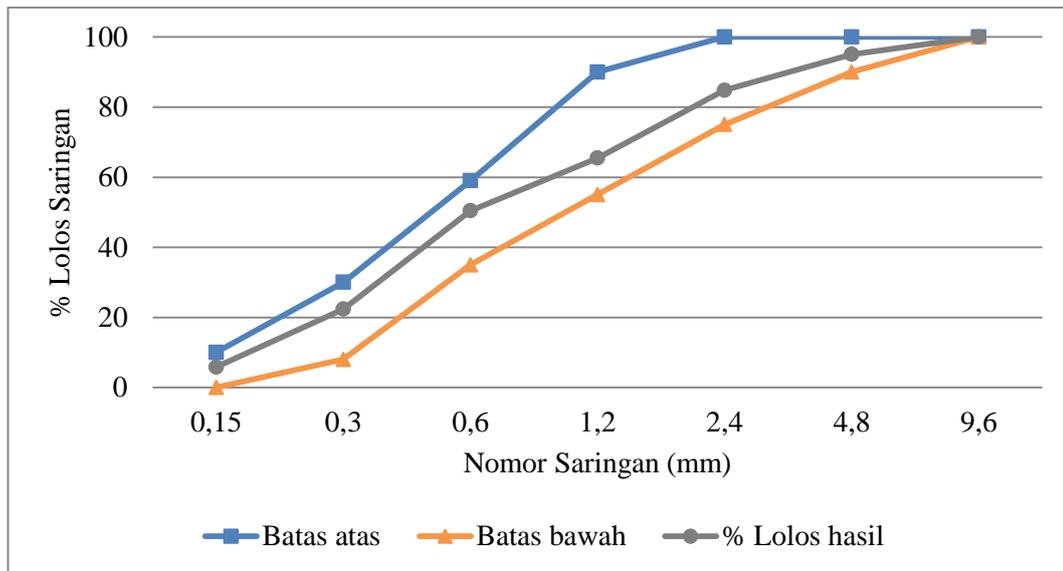
$$\text{Modulus Kehalusan (finess modulus)} = \frac{276,10}{100} = 2,76$$

Sesuai dengan syarat SNI 03-1750-1990 modulus halus butir yaitu berkisar antara 1,5 - 3,8. Oleh sebab itu pasir yang digunakan cukup baik dan telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh SNI. Hasil pengujian ini digunakan untuk menentukan daerah gradasi pada agregat halus. Penentuan daerah gradasi agregat halus ditetapkan berdasarkan persentase berat butir agregat lolos ayakan yang dapat dilihat pada Tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4.2: Daerah gradasi agregat halus (SNI 03-2834, 2000)

Nomor Saringan (No)	Lubang Saringan (mm)	% Lolos Saringan			
		Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
3/8"	9,6	100 – 100	100 – 100	100 – 100	100 – 100
4	4,8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
8	2,4	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
16	1,2	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
30	0,6	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
50	0,3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
100	0,15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

Berdasarkan tabel gradasi tersebut, gradasi yang dihasilkan dari pengujian analisa saringan untuk agregat halus berada dalam batas yang disyaratkan pada Daerah II dengan jenis gradasi pasir sedang. Grafik hubungan antara persentase lolos kumulatif dengan lubang ayakan yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1: Grafik gradasi agregat halus daerah 2

#### 4.2.2. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Data hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata - rata
berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), (B)	500	500	500
berat pasir kering mutlak, (E)	486	464	475
berat piknometer berisi pasir dan air, (C)	948	943	945,5
berat piknometer berisi air, (D)	673	665	669
berat jenis curah = $(E / (B + D - C))$	2,16	2,09	2,13
berat jenis kering muka = $(B / (B + D - C))$	2,22	2,25	2,24
berat jenis semu = $(E / (E + D - C))$	2,30	2,49	2,40
Penyerapan air, $[(B - E) / E] \times 100\%$	2,88	7,76	5,32

Berdasarkan SK.SNI.T-15-1990:1 angka berat jenis kering muka normal berada di antara 2,2 - 2,7. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan diperoleh berat jenis kering muka sebesar 2,24. Hal ini berarti agregat yang digunakan telah memenuhi syarat dan dapat digunakan untuk pembuatan beton. Berdasarkan Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa penyerapan air rata-rata yang terjadi pada agregat halus adalah sebesar 5,32%.

#### 4.2.3. Berat Isi Agregat Halus

Pengujian berat isi dilakukan dengan tiga cara, yaitu cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan. Data hasil pengujian berat isi agregat halus ditunjukkan pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4: Hasil pengujian berat isi agregat halus

Uraian	Cara lepas	Cara tusuk	Cara penggoyangan	Rata-rata	Satuan
Berat contoh	25050	25430	25150	25210	gr
Berat wadah	6400	6400	6400	6400	gr
Berat contoh & wadah	31450	31830	31550	31610	gr
Volume wadah	15458,9	15458,9	15458,9	15458,9	cm <sup>3</sup>
Berat isi	1,62	1,64	1,63	1,63	gr/cm <sup>3</sup>

Didapat berat isi rata-rata dari hasil pengujian diatas sebesar 1,63 gr/cm<sup>3</sup>, nilai ini masih dalam batas yang diizinkan berdasarkan SII No.52 – 1980 yaitu minimal 1,2 gr/cm<sup>3</sup>.

#### 4.2.4. Kadar Air Agregat Halus

Pemeriksaan kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam agregat dibandingkan dengan berat agregat dalam keadaan kering. Nilai kadar air ini digunakan untuk koreksi takaran air pada adukan beton yang disesuaikan dengan kondisi agregat di lapangan. Hasil pengujian dari kadar air agregat halus ini tertera pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5: Hasil pengujian kadar air agregat halus

Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2
Berat contoh SSD dan berat wadah	gr	6991	7436
Berat contoh SSD	gr	6480	6928
Berat contoh kering oven & berat wadah	gr	6722	7012
Berat wadah	gr	511	508
Berat air	gr	269	424
Berat contoh kering	gr	6211	6504
Kadar air	%	4,33	6,52
Rata-rata	%	5,43	

Dari pengujian kadar air agregat halus pada percobaan ini dengan memakai 2 sampel dimana nilai kadar air pada sampel 1 sebesar 4,33% dan sampel 2 sebesar 6,52% sehingga di dapat nilai rata-rata sebesar 5,43%.

#### 4.2.5. Kadar Lumpur Agregat Halus

Data pengujian kandungan lumpur yang terdapat pada agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.6 sebagai berikut.

Tabel 4.6: Hasil pengujian kandungan lumpur pada agregat halus

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Wadah (W1), gr	511	507
Berat Pasir kering mutlak (W2), gr	500	500
Berat Pasir setelah dicuci dan dioven lagi (W3), gr	995	992
berat lumpur (W4), gr	16	15
Kadar lumpur %	3,31	3,09
Kadar lumpur rata-rata %	3,20	

Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia 1982 (PUBI, 1982) pasir yang bisa yang digunakan untuk bahan bangunan jika kandungan

lumpurnya tidak lebih dari 5% (lima persen). Dari hasil pengujian pada Tabel 4.6 dapat dilihat kandungan lumpur pada pasir sebesar 3,20%. Hal ini karena pasir tersebut telah dicuci terlebih dahulu sebelum langsung dapat digunakan dalam pembuatan beton.

### 4.3. Pemeriksaan Agregat Kasar

Agregat kasar adalah salah satu material penyusun beton dengan persentase terbesar dibandingkan material penyusun beton yang lainnya. Sifat agregat kasar juga penting untuk diketahui karena agregat kasar memberikan pengaruh besar terhadap kekuatan beton. Pengujian agregat kasar yang dilakukan sama dengan pengujian agregat halus, yaitu pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian analisa saringan, pengujian kadar air dan kadar lumpur.

#### 4.3.1. Analisa Saringan Agregat Kasar

Data hasil pengujian analisa saringan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut.

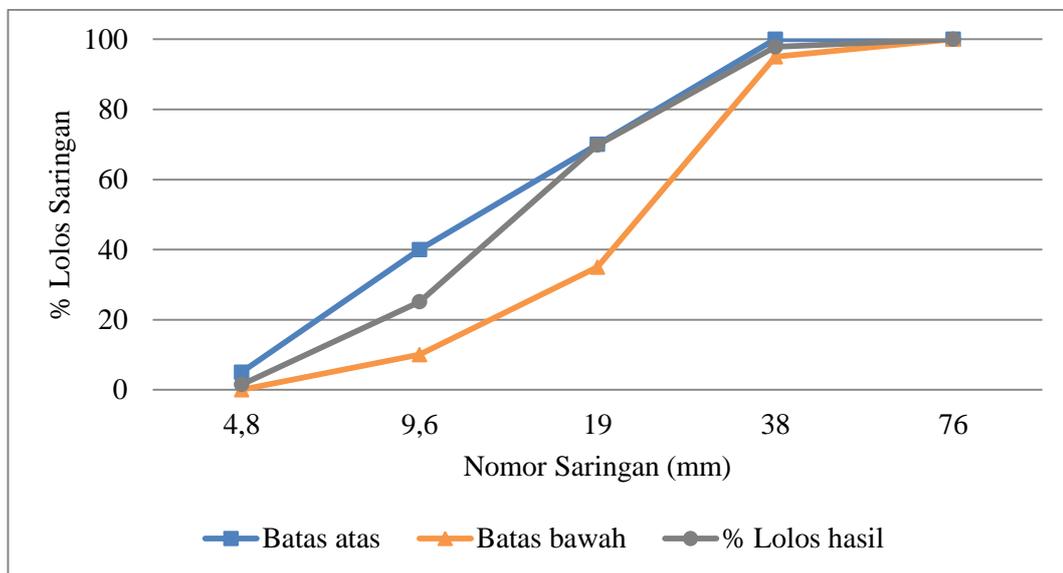
Tabel 4.7: Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar

Ukuran Saringan		Berat Tertahan	Persentase Tertahan	Persentase Kumulatif	
SNI	ASTM	(gram)	(%)	Tertahan (%)	Lolos (%)
76 mm	3"	0	0	0	100
38 mm	1½"	43	2,15	2,15	97,85
19 mm	¾"	561	28,05	30,20	69,80
9,6 mm	3/8"	894	44,70	74,90	25,10
4,8 mm	No.4	472	23,60	98,50	1,50
2,4 mm	No.8	0	0,00	98,50	1,50
1,2 mm	No.16	0	0,00	98,50	1,50
0,6 mm	No.30	0	0,00	98,50	1,50
0,3 mm	No.50	0	0,00	98,50	1,50
0,15 mm	No.100	0	0,00	98,50	1,50
Pan		30	1,50		0
Total		2000	100	698,25	

Berdasarkan data dari Tabel 4.7, maka dapat dihitung nilai modulus halus butir (MHB) / modulus kehalusan:

$$\text{Modulus Kehalusan (fineness modulus)} = \frac{698,25}{100} = 6,98$$

Hasil pengujian analisa saringan digunakan untuk menentukan daerah gradasi pada agregat kasar. Gradasi yang dihasilkan dari pengujian analisa saringan agregat kasar berada dalam batas yang disyaratkan yaitu pada daerah gradasi dengan jenis besar butir maksimum 40 mm. Berikut merupakan grafik hubungan antara persentase lolos kumulatif dengan lubang ayakan yang dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2: Grafik gradasi agregat kasar (Maks 40 mm)

#### 4.3.2. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Data pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata - rata
berat krikil kondisi jenuh kering muka (SSD), (A)	6446	6466	6456
berat krikil kering mutlak, (B)	6284	6307	6296

Tabel 4.8: *Lanjutan*

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata - rata
berat kerikil dalam air, (C)	4047	4060	4053,5
berat jenis curah = $(B / (A - C))$	2,62	2,62	2,62
berat jenis kering muka = $(A / (A - C))$	2,69	2,69	2,69
berat jenis semu = $(B / (B - C))$	2,81	2,81	2,81
Penyerapan air, $( [(A - B) / B] \times 100\% )$	2,58	2,52	2,55

Berdasarkan SK.SNI.T-15-1990:1 angka berat jenis kering muka normal berada di antara 2,2-2,7. Dari Tabel 4.8 dapat dilihat hasil dari pengujian berat jenis jenuh kering muka didapatkan angka rata-rata sebesar 2,69. Hal ini berarti agregat yang digunakan telah memenuhi namun hampir melampaui syarat dan dapat digunakan untuk pembuatan beton. Berdasarkan Tabel 4.8 dapat dilihat bahwa penyerapan air rerata sebesar 2,55%.

#### 4.3.3. Berat Isi Agregat Kasar

Pengujian berat isi dilakukan dengan tiga cara, yaitu cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan. Data hasil pengujian berat isi agregat kasar ditunjukkan pada Tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.9: Hasil pengujian berat isi agregat kasar

Uraian	Cara lepas	Cara tusuk	Cara penggoyangan	Rata-rata	Satuan
Berat contoh	22450	22640	23640	22910	gr
Berat wadah	6400	6400	6400	6400	gr
Berat contoh & wadah	28850	29040	30040	29310	gr
Volume wadah	15458,9	15458,9	15458,9	15458,9	cm <sup>3</sup>
Berat isi	1,45	1,46	1,53	1,48	gr/cm <sup>3</sup>

Didapat berat isi rata-rata dari hasil pengujian sebesar 1,48 gr/cm<sup>3</sup>, nilai ini masih dalam batas yang diizinkan yaitu minimal 1,2 gr/cm<sup>3</sup> (SII No.52 – 1980).

#### 4.3.4. Kadar Air Agregat Kasar

Berikut merupakan data hasil pengujian kadar air yang terdapat pada agregat kasar ditunjukkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10: Hasil pengujian kadar air agregat kasar

Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2
Berat contoh SSD dan berat wadah	gr	6684	6597
Berat contoh SSD	gr	6191	6029
Berat contoh kering oven & berat wadah	gr	6588	6541
Berat wadah	gr	493	568
Berat air	gr	96	56
Berat contoh kering	gr	6095	5973
Kadar air	%	1,58	0,94
Rata-rata	%	1,26	

Dari pengujian kadar air agregat halus pada percobaan ini dengan memakai 2 sampel dimana nilai kadar air pada sampel 1 sebesar 1,58% dan sampel 2 sebesar 0,94% sehingga di dapat nilai rata-rata sebesar 1,26%.

#### 4.3.5. Kadar Lumpur Agregat Kasar

Data pengujian kandungan lumpur yang terdapat pada agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut.

Tabel 4.11: Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Wadah (W1), gr	494	566
Berat Krikil kering mutlak (W2), gr	1500	1500
Berat Krikil setelah dicuci dan dioven lagi (W3), gr	1977	2042
berat lumpur (W4), gr	17	24
Kadar lumpur %	1,15	1,63
Kadar lumpur rata-rata %	1,39	

Berdasarkan hasil pengujian kadar lumpur didapat persentase kadar lumpur agregat kasar rata-rata 1,39%. Nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan yaitu maksimal 5% (SK-SNI S-04-1989-F), sehingga agregat aman digunakan.

#### **4.4. Perencanaan Campuran Beton**

##### **4.4.1. *Mix Design* Beton**

Perhitungan *mix design* pada penelitian ini mengacu pada (SNI 03-2834, 2000) dengan mutu yang direncanakan yaitu 25 MPa. Berikut adalah langkah-langkah perhitungan *mix design*:

1. Kuat tekan yang direncanakan = 25 MPa

2. Menentukan nilai tambah/margin (M)

Nilai tambah dapat dilihat pada SNI 03-2834, 2000, karena jumlah pengujian yang di buat adalah 10 buah maka jumlah data uji tersebut kurang dari 15 buah, oleh karena itu kuat tekan rata-rata yang ditargetkan  $f_{cr}$  harus diambil tidak kurang dari ( $f'_c + 12$  MPa).

3. Kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan ( $f_{cr}$ ) =  $f'_c + M$

$$f_{cr} = 25 + 12$$

$$f_{cr} = 37 \text{ MPa}$$

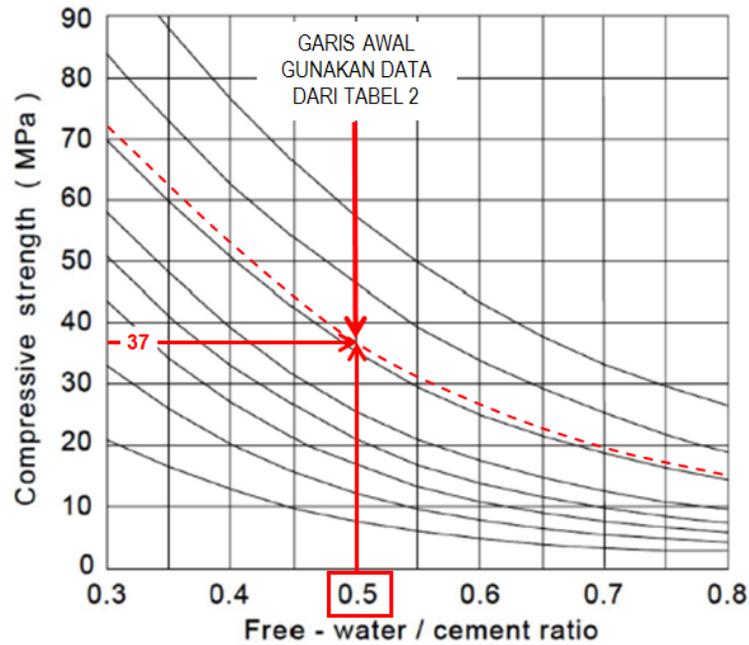
4. Jenis semen ditetapkan menggunakan semen portland tipe 1.

5. Jenis agregat halus yang digunakan, yaitu alami, menggunakan pasir Binjai.

6. Agregat kasar yang digunakan yaitu batu pecah berasal dari *quarry* Binjai dengan ukuran maksimal 40 mm.

7. Penetapan Faktor Air Semen (FAS)

Faktor air semen ditentukan berdasarkan kuat tekannya. Pada Tabel 3.5, jenis semen tipe 1, dengan jenis agregat kasar batu pecah benda uji silinder memiliki kuat tekan sebesar 37 MPa pada umur 28 hari dengan nilai FAS yang digunakan sebesar 0,5. Karena kuat tekan yang ditargetkan ( $f_{cr}$ ) adalah 37 MPa, maka penarikan garis tidak diperlukan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3: Hubungan FAS dengan kuat tekan (SNI 03-2834, 2000)

#### 8. Penetapan Kebutuhan Air

Penentuan kebutuhan air dapat digunakan berdasarkan Tabel 3.6, berikut urutan penentuan kebutuhan air:

- Ukuran maksimum agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini adalah sebesar adalah 40 mm.
- Penetapan nilai slump, nilai *slump* berpengaruh terhadap *workability*, pada penelitian ini penetapan nilai *slump* sebesar 30-60 mm.
- Maka diperoleh:

Batu tak dipecahkan / alami (Wh) = 160

Batu pecah (Wk) = 190

$$\text{d. Kebutuhan air} = \frac{2}{3} \text{Wh} + \frac{1}{3} \text{Wk} \quad (4.1)$$

$$\text{Kebutuhan air} = \frac{2}{3} 160 + \frac{1}{3} 190 = 170 \text{ kg/m}^3$$

#### 9. Penetapan Jumlah Semen Minimum

Berdasarkan Tabel 3.4 didapatkan penentuan jumlah semen minimum sebagai berikut :

$$\text{Jumlah semen} = \text{kebutuhan air} / \text{fas} \quad (4.2)$$

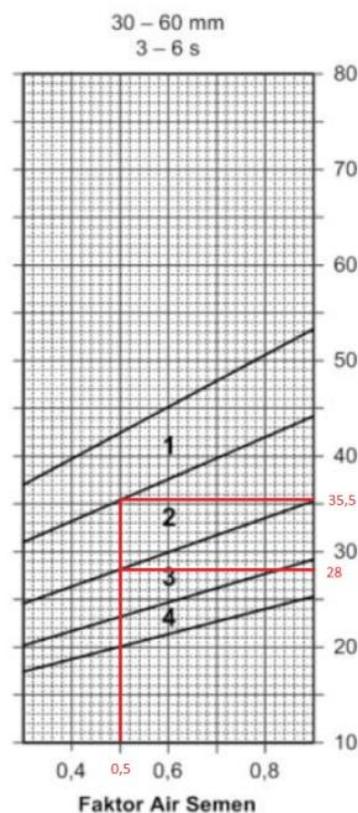
$$\text{Jumlah semen} = 170 / 0,5$$

$$\text{Jumlah semen} = 340 \text{ kg/m}^3$$

Kadar semen minimum dengan jenis pembetonan beton di dalam ruangan bangunan serta beton berada pada lingkungan tidak korosif adalah  $275 \text{ kg/m}^3$ . Berdasarkan perhitungan, jumlah semen lebih besar dibandingkan dengan kadar semen minimum maka digunakan jumlah semen yaitu  $340 \text{ kg/m}^3$ .

10. Penentuan Persentase Agregat

- a. Cara menentukan persentase agregat yang pertama yaitu kita harus dapat menentukan batas bawah dan batas atas terlebih dahulu pada Gambar 4.4 di bawah. Pertama menentukan titik faktor air semen (FAS) yaitu 0,5 berdasarkan perhitungan sebelumnya.
- b. Setelah faktor air semen (FAS) sudah ditentukan lalu menarik garis lurus pada gradasi yang sudah ditentukan sebelumnya yaitu gradasi 2.
- c. Setelah garis faktor air semen (FAS) sudah bersinggungan dengan garis batas gradasi 2, cara selanjutnya adalah dengan menarik garis tegak lurus ke arah kanan, sehingga didapatkan batas bawah dan batas atasnya.



Gambar 4.4: Penentuan persentase pasir terhadap kadar total agregat yang digunakan pada penelitian (butir maksimum 40 mm) (SNI 03-2834, 2000)

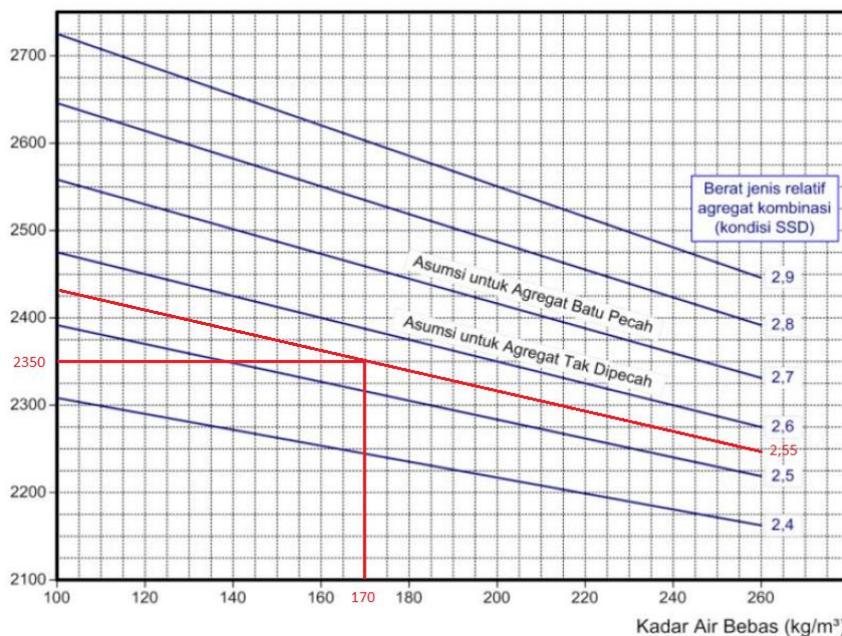
d. Dari Gambar 4.4 didapatkan sebagai berikut:

- Batas bawah : 28  
 Batas atas : 35,5  
 Persentase agregat halus :  $\frac{28+35,5}{2} \approx 32\%$   
 Persentase agregat kasar :  $100\% - 32\% = 68\%$

11. Berat Jenis Agregat

- a. Berat jenis SSD pasir : 2,24  
 b. Berat jenis SSD kerikil : 2,69  
 c. Berat jenis gabungan :  $(\frac{32}{100} \times 2,24) + (\frac{68}{100} \times 2,69) = 2,55$

12. Penetapan Berat Isi Beton



Gambar 4.5: Penentuan berat isi beton basah (SNI 03-2834, 2000)

Dari Gambar 4.5 diatas diperoleh berat isi beton adalah 2350 kg/m<sup>3</sup>.

13. Penentuan Berat Agregat Campuran.

Berat agregat campuran = Berat isi beton – berat semen – berat air

Berat agregat campuran = 2350 – 340 – 170

Berat agregat campuran = 1840 kg/m<sup>3</sup>

14. Penentuan Berat Agregat Halus dan Agregat Kasar yang diperlukan.

Berat agregat halus =  $\frac{32}{100} \times 1840 \text{ kg/m}^3 = 588,8 \text{ kg/m}^3$

Berat agregat kasar = 1840 – 588,8 = 1251,2 kg/m<sup>3</sup>

### 15. Proporsi Campuran

Kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan, maka jumlah semen, air, agregat halus dan agregat kasar yang dibutuhkan per m<sup>3</sup> adukan:

- a. Semen = 340 kg/m<sup>3</sup>
- b. Air = 170 kg/m<sup>3</sup>
- c. Pasir = 588,8 kg/m<sup>3</sup>
- d. Krikil = 1251,2 kg/m<sup>3</sup>

### 16. Koreksi Proporsi Campuran

Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran harus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Air} = B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \quad (4.3)$$

$$\text{Agregat halus} = C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} \quad (4.4)$$

$$\text{Agregat kasar} = D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \quad (4.5)$$

Dimana:

$$B \text{ adalah jumlah air} = 170 \text{ kg/m}^3$$

$$C \text{ adalah jumlah agregat halus} = 588,8 \text{ kg/m}^3$$

$$D \text{ adalah jumlah agregat kasar} = 1251,2 \text{ kg/m}^3$$

$$C_a \text{ adalah absorpsi agregat halus} = 5,32\%$$

$$D_a \text{ adalah absorpsi agregat kasar} = 2,55\%$$

$$C_k \text{ adalah kadar air agregat halus} = 5,43\%$$

$$D_k \text{ adalah kadar air agregat kasar} = 1,26\%$$

Maka proporsi terkoreksi yaitu:

$$\begin{aligned} \text{a. Air} &= 170 - (5,43 - 5,32) \times \frac{588,8}{100} - (1,26 - 2,55) \times \frac{1251,2}{100} \\ &= 185,49 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Agregat Halus} &= 588,8 + (5,43 - 5,32) \times \frac{588,8}{100} \\ &= 589,45 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Agregat Kasar} &= 1251,2 + (1,26 - 2,55) \times \frac{1251,2}{100} \\ &= 1235,06 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Rekapitulasi *mix design* beton dengan mutu 25 MPa menggunakan metode SNI 03-2834-2000 dapat dilihat pada Tabel 4.12 berikut.

Tabel 4.12: Rekapitulasi *mix design* beton mutu 25 MPa

No.	Uraian	Nilai	Satuan
1	Kuat tekan rencana ( $f_c$ )	25	MPa
2	<i>Deviasi Standart</i>	-	-
3	Nilai tambah	12	-
4	Kuat tekan beton ditargetkan ( $f_{cr}$ )	37	MPa
5	Jenis semen	Tipe I	-
6	Faktor air semen ( $f_{as}$ )	0,5	-
7	Ukuran agregat maksimum	40	mm
8	Perkiraan jumlah air untuk agregat halus ( $W_h$ )	160	-
9	Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar ( $W_k$ )	190	-
10	Jumlah air yang digunakan	170	kg/m <sup>3</sup>
11	Bj agregat halus	2,24	-
12	Bj agregat kasar	2,69	-
13	Bj butiran agregat gabungan	2,55	-
14	Persen agregat halus	32	%
15	Persen agregat kasar	68	%
16	Berat isi beton	2350	kg/m <sup>3</sup>
17	Kadar agregat gabungan	1840	kg/m <sup>3</sup>
18	Kadar agregat halus	588,8	kg/m <sup>3</sup>
19	Kadar agregat kasar	1251,2	kg/m <sup>3</sup>
20	Jumlah semen yang digunakan	340	kg/m <sup>3</sup>
21	Jumlah air terkoreksi	185,49	kg/m <sup>3</sup>
22	Jumlah agregat halus terkoreksi	589,45	kg/m <sup>3</sup>
23	Jumlah agregat kasar terkoreksi	1235,06	kg/m <sup>3</sup>

#### 4.4.2. Proporsi Kebutuhan Benda Uji Beton

Perhitungan ini dilakukan untuk menentukan berat dan volume masing-masing agregatnya untuk tiap silinder beton yang berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm maka didapatkan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Volume Silinder} &= \frac{1}{4} \pi D^2 t & (4.6) \\ &= \frac{1}{4} \pi \times 15^2 \times 30 = 5298,75 \text{ cm}^3 / 0,0053 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Maka volume tiap satu silinder adalah  $0,0053 \text{ m}^3$ , dengan hasil tersebut selanjutnya volume silinder dapat dihitung dengan cara mengalikan tiap tiap agregat dengan volume silinder dan dikali 110% untuk safety dari *mix design* dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Agregat halus} &= 589,45 \times 0,0053 \times 110\% = 3,44 \text{ kg} \\ \text{Agregat kasar} &= 1235,06 \times 0,0053 \times 110\% = 7,20 \text{ kg} \\ \text{Semen} &= 340 \times 0,0053 \times 110\% = 1,98 \text{ kg} \\ \text{Air} &= 185,49 \times 0,0053 \times 110\% = 1,08 \text{ liter} \\ \text{Total} &= 13,7 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan *mix design* beton dengan bahan tambah abu sekam padi (ASP) maka perhitungan semennya berubah, karena ASP berperan sebagai *filler* sehingga berat semen akan dikurangi dengan berat ASP yang penggunaannya yaitu 1% dari berat semen, maka dari itu hasil *mix design* dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{ASP} &= 1\% \times 1,98 = 0,02 \text{ kg} \\ \text{Semen} &= 1,98 - 0,02 = 1,96 \text{ kg} \end{aligned}$$

Pada penelitian ini ditambahkan serat sabut kelapa (*additive*) sebesar 0,3%, 0,5%, dan 1% dari berat keseluruhan beton. Adapun penggunaan sabut kelapa ini tidak mengurangi berat apapun, hanya saja perlu adanya perhitungan dari penyerapan air yang diakibatkan oleh serat tersebut untuk ditambahkan terhadap berat air campuran. Besarnya penyerapan air pada sabut kelapa didapatkan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Absorpsi sabut kelapa} = \left[ \frac{b-a}{a} \right] \times 100\% \quad (4.7)$$

dimana:

(a) adalah berat sabut kelapa sebelum direndam air, yaitu didapat sebesar = 40 gr

(b) adalah berat sabut kelapa setelah direndam air, yaitu didapat sebesar = 90 gr dengan demikian:

$$\text{Absorpsi sabut kelapa} = \left[ \frac{90-40}{40} \right] \times 100\% = 125\%$$

Maka berat masing-masing variasi penggunaan serat sabut kelapa dan kebutuhan airnya untuk benda uji silinder dijelaskan sebagai berikut:

a. Serat sabut kelapa 1%

$$\begin{aligned} \text{Jumlah serat} &= 13,7 \times 1\% &&= 0,137 \text{ kg} \\ \text{Penambahan air} &= 0,137 \times 125\% &&= 0,171 \text{ liter} \end{aligned}$$

b. Serat sabut kelapa 0,5%

$$\begin{aligned} \text{Jumlah serat} &= 13,7 \times 0,5\% &&= 0,069 \text{ kg} \\ \text{Penambahan air} &= 0,069 \times 125\% &&= 0,086 \text{ liter} \end{aligned}$$

c. Serat sabut kelapa 0,3%

$$\begin{aligned} \text{Jumlah serat} &= 13,7 \times 0,3\% &&= 0,041 \text{ kg} \\ \text{Penambahan air} &= 0,041 \times 125\% &&= 0,051 \text{ liter} \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan *mix design* dapat dilihat pada tabel 4.13 Rekap hasil *mix design* silinder beton 25 MPa berikut ini.

Tabel 4.13: Rekap hasil *mix design* silinder beton 25 MPa

No.	Kode	Jumlah (buah)	Bahan Penyusun Beton (kg)						Berat Sampel (kg)
			AH	AK	S	A	ASP	SK	
1	FOS5	2	3.44	7.20	1.98	1.08	0	0	13.70
2	FOS7	2	3.44	7.20	1.98	1.08	0	0	13.70
3	FS13	1	3.44	7.20	1.96	1.13	0.02	0.041	13.79
4	FS14	1	3.44	7.20	1.96	1.17	0.02	0.069	13.86
5	FS15	1	3.44	7.20	1.96	1.25	0.02	0.137	14.01
6	FS19	1	3.44	7.20	1.96	1.13	0.02	0.041	13.79
7	FS20	1	3.44	7.20	1.96	1.17	0.02	0.069	13.86
8	FS21	1	3.44	7.20	1.96	1.25	0.02	0.137	14.01
Total		10	27.52	57.60	15.72	9.26	0.12	0.494	110.71

Keterangan:

AH = Agregat Halus

A = Air

AK = Agregat Kasar

ASP = Abu Sekam Padi

S = Semen

SK = Sabut Kelapa

#### 4.4.3. Hasil Pengujian *Slump*

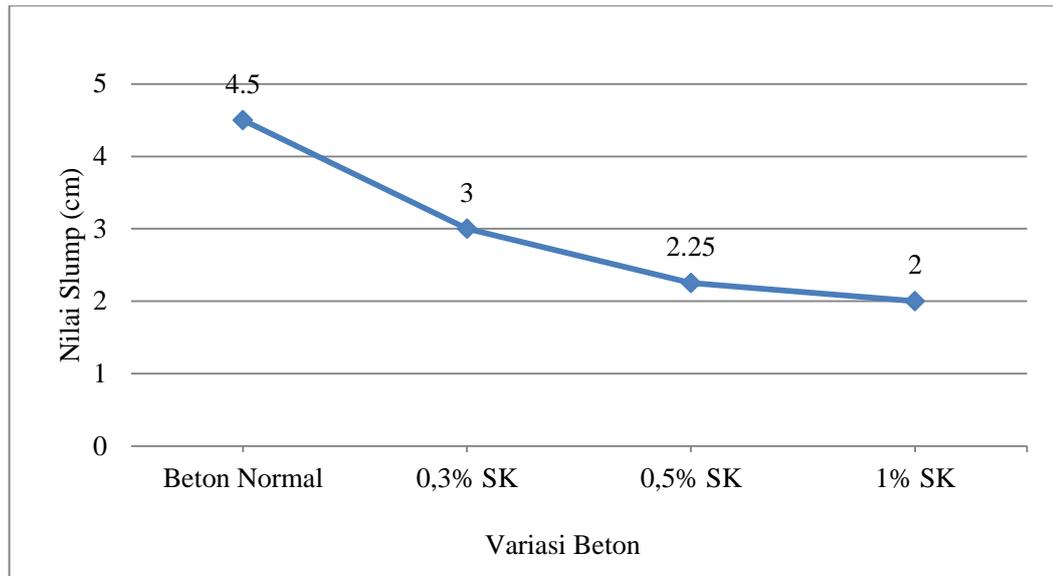
Uji *Slump* adalah suatu uji yang digunakan untuk menentukan *workability* pada beton dari campuran beton segar (*fresh concrete*) agar diketahui apakah campuran tersebut dapat dikerjakan atau tidak. Dalam suatu campuran beton, uji *slump* juga dapat menunjukkan berapa banyak air yang digunakan, apakah campuran beton kekurangan, kelebihan, atau cukup air. Kadar air merupakan hal yang perlu diperhatikan dalam suatu campuran beton, karena akan menentukan tingkat *workability*nya atau tidak. Campuran beton yang terlalu cair akan menyebabkan mutu beton rendah, dan lama mengering. Sedangkan campuran beton yang kekurangan air menyebabkan adukan tidak merata dan sulit untuk dicetak serta rentan terhadap terjadinya pecah dan keretakan pada beton.

Pada penelitian ini pengujian *slump* dilakukan sebanyak sekali dalam setiap campuran beton normal maupun dengan campuran abu sekam padi dan serat sabut kelapa. Hasil pengujian *slump* dapat dilihat pada Tabel 4.14 sebagai berikut.

Tabel 4.14: Hasil pengujian *Slump*

No.	Kode	Komposisi Campuran		Tinggi Slump (cm)
		ASP (%)	SK (%)	
1	FOS5	0%	0%	4
2	FOS7			5
3	FS13	1%	0,3%	4
4	FS19			2
5	FS14	1%	0,5%	3
6	FS20			1,5
7	FS15	1%	1%	2,5
8	FS21			1,5

Berdasarkan pada tabel 4.14 menjelaskan perbandingan nilai *slump* antara beton normal, beton variasi: 1% SK + 1% ASP; 0,5% SK + 1% ASP; 0,3% SK + 1% ASP, dimana pada beton normal didapat nilai *slump* sesuai rencana 3-6cm dikarenakan tidak ada campuran ASP dan SK, sedangkan untuk beton variasi campuran mendapatkan nilai *slump* rata-rata yang lebih rendah dari target rencana (3-6 cm) seperti pada Gambar 4.6. Hal ini menunjukkan bahwa adanya serat sabut kelapa mengakibatkan penurunan *workability* pada campuran beton.



Gambar 4.6: Grafik rata-rata *Slump Test*

#### 4.5. Hasil Pengujian Durabilitas Beton

Pengujian durabilitas dimulai dengan dampak pengaplikasian garam sulfat pada bak perendaman sehingga membentuk sebuah larutan garam dan direndam selama jangka waktu yang ditentukan untuk durabilitas beton terhadap garam sulfat, lalu dilanjutkan dengan penurunan massa karena perendaman garam sulfat, dan diakhiri dengan hasil kuat tekan dari beton setelah direndam terhadap garam sulfat disertai dengan pengamatan visual terhadap fisik beton.

##### 4.5.1. Campuran Garam Sulfat pada Larutan Perendam Beton

Pengujian durabilitas beton yang dilakukan pada penelitian ini berdasarkan serangan garam yang diakibatkan oleh air laut, dimana penggunaan air laut disubstitusikan dengan air yang ditambahkan garam sulfat dengan rasio sebanyak 1:30 atau memiliki konsentrasi sekitar 3,5%. Proses perendaman dilakukan dengan menggunakan wadah ember berkapasitas 45 liter sebanyak 3 buah dimana masing-masing ember dapat menampung 4 buah benda uji silinder seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.7. Pada penelitian ini benda uji yang digunakan sebanyak 10 benda uji silinder, dimana kebutuhan garam sulfat yang di butuhkan untuk membuat campuran larutan garam sulfat dijelaskan sebagai berikut.



Gambar 4.7: Proses perendaman benda uji terhadap larutan garam sulfat

Perhitungan campuran larutan dilakukan untuk mencari jumlah garam yang akan ditambahkan pada masing-masing wadah untuk tiap benda uji silinder beton dengan perhitungan pada satu wadah ember berkapasitas 45 liter yang dapat menampung 4 buah benda uji maka di dapatkan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Volume ember} = 45 \text{ liter} = 0,045 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume benda uji} = 0,0053 \text{ m}^3$$

Maka:

a. Ember 1 dan 2 (4 buah benda uji)

$$\text{Volume air} = 0,045 - (0,0053 \times 4) = 0,0238 \text{ m}^3$$

$$\text{Jumlah air} = 0,0238 \times 1000 = 23,80 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah garam} = \frac{1}{30} \times 23,8 = 0,793 \text{ kg}$$

b. Ember 3 (2 buah benda uji)

$$\text{Volume air} = \left( \frac{0,045}{2} \right) - (0,0053 \times 2) = 0,0119 \text{ m}^3$$

$$\text{Jumlah air} = 0,0119 \times 1000 = 11,90 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah garam} = \frac{1}{30} \times 11,9 = 0,397 \text{ kg}$$

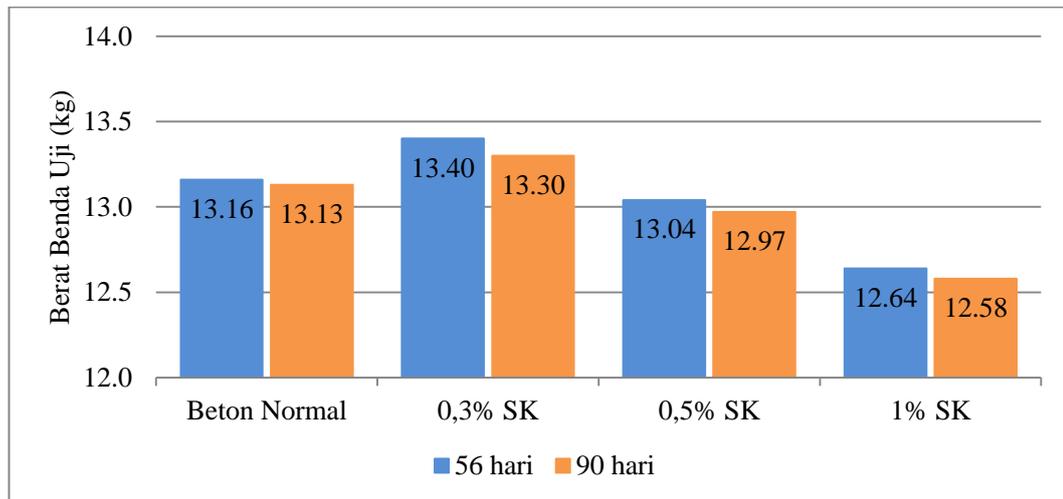
Dengan demikian banyaknya garam yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah:

$$\text{Total garam sulfat} = 2 \times 0,793 + 0,397 = 1,983 \text{ kg}$$

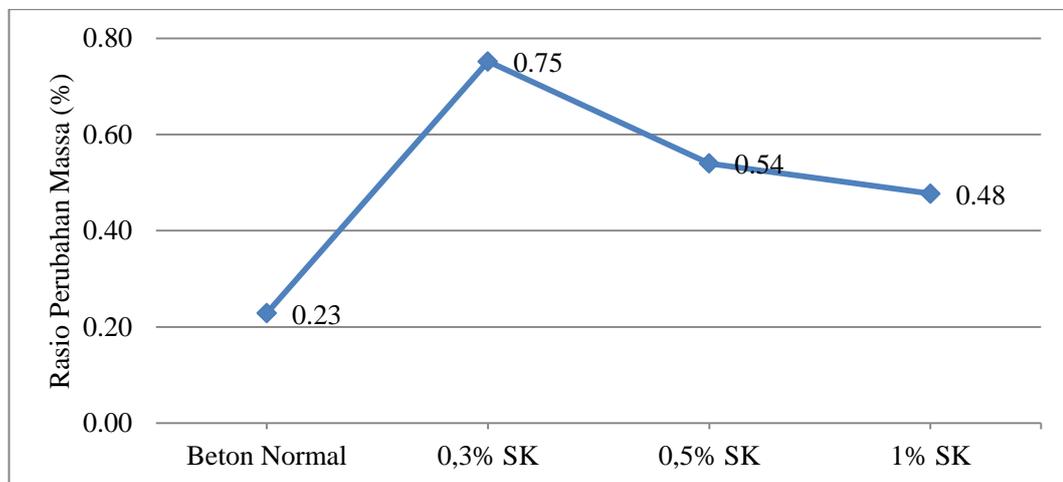
$$\text{Total air} = 2 \times 23,80 + 11,90 = 59,5 \text{ kg}$$

#### 4.5.2. Perubahan Massa Beton

Perubahan massa beton merupakan nilai dari penurunan massa benda uji beton setelah direndam dalam larutan garam sulfat dimana nilai penurunan ini dapat memberikan gambaran dari ketahanan beton terhadap larutan garam. Berikut adalah data hasil perubahan massa beton dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8: Grafik perbandingan massa beton selama 56 dan 90 hari

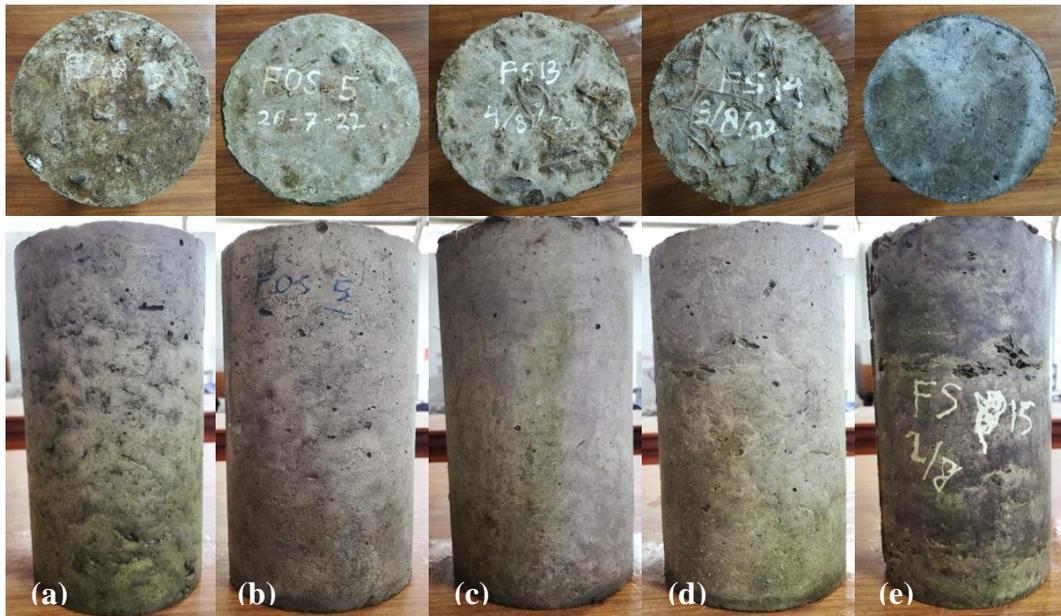


Gambar 4.9: Grafik rasio perubahan massa beton

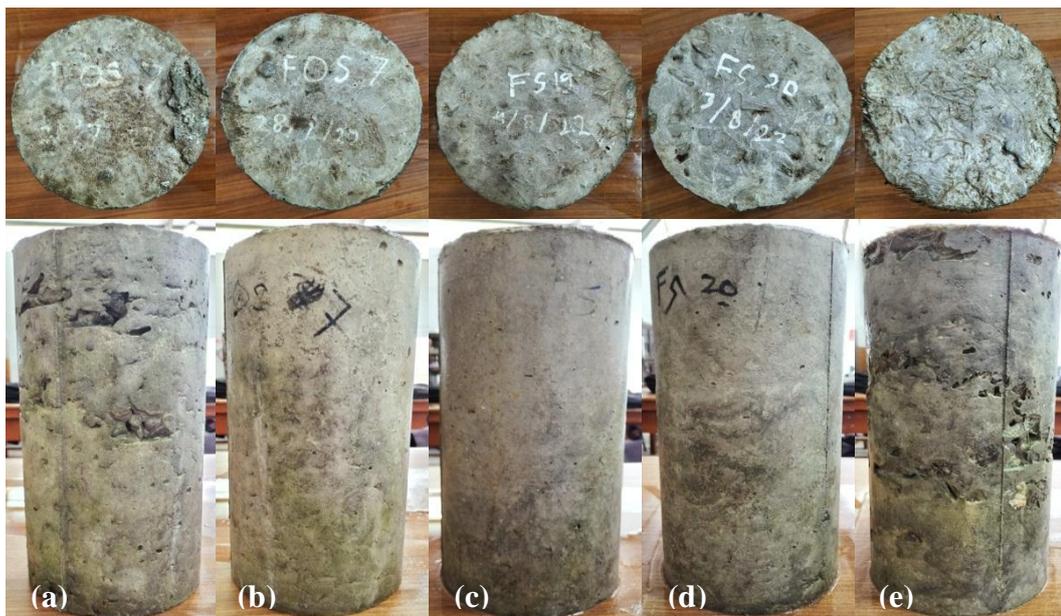
Berdasarkan Gambar 4.9 menunjukkan hasil rasio penurunan massa pada beton dimana nilai rasio penurunan massa terbesar terdapat pada Beton 0,3% SK yaitu mengalami 0,75% bobot penurunan, dan nilai rasio penurunan massa terendah terdapat pada Beton 1% SK yaitu sebesar 0,48%.

### 4.5.3. Perubahan Tampak Visual

Pengamatan secara visual dilakukan untuk mengetahui seberapa besar dampak kerusakan fisik yang terjadi pada beton dari perendaman larutan garam pada durabilitas beton. Berikut merupakan hasil pengamatan visual yang dapat dilihat pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11.



Gambar 4.10: Hasil pengujian tampak visual beton 56 hari pada beton:  
(a) 0% SK A; (b) 0% SK B; (c) 0,3% SK; (d) 0,5% SK; (e) 1% SK



Gambar 4.11: Hasil pengujian tampak visual beton 90 hari pada beton:  
(a) 0% SK A; (b) 0% SK B; (c) 0,3% SK; (d) 0,5% SK; (e) 1% SK

Berdasarkan hasil inspeksi tampak visual tersebut diperlihatkan perubahan warna yang ada pada beton dimana beton semakin lama mengalami penguningan, serta didapatkan adanya kerusakan pada permukaan beton setelah terpapar pada rendaman garam sulfat. Sehingga reaksi yang terjadi antara garam sulfat dengan beton adalah mempengaruhi warna dan tekstur permukaan dari beton.

#### 4.5.4. Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan pada penelitian ini dilakukan pada benda uji sebanyak 10 sampel berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Sebelum pengujian dilakukan, pada bagian atas dan bawah benda uji dipasangkan *capping* dengan tujuan agar permukaan bidang tekan menjadi rata sehingga beban yang diterima dapat terdistribusi secara merata. Berikut merupakan hasil pengujian kuat tekan beton dan perhitungannya.

Perendaman beton pada larutan garam sulfat selama 56 hari:

##### a. Beton Normal

FOS 5A:

- Beban (P) = 165,7 kN
- Luas silinder (A) = 17671,46 mm<sup>2</sup>
- Kuat tekan (f'c) =  $\frac{P}{A}$   
 $= \frac{165700}{17671,46} = 9,38 \text{ MPa}$

FOS 5B:

- Beban (P) = 526,8 kN
- Luas silinder (A) = 17671,46 mm<sup>2</sup>
- Kuat tekan (f'c) =  $\frac{P}{A}$   
 $= \frac{526800}{17671,46} = 29,81 \text{ MPa}$

$$\text{Rata-rata} = \frac{9,38+29,81}{2} = 19,59 \text{ MPa}$$

##### b. Beton Serat Kelapa 0,3%

FS 13:

- Beban (P) = 344,7 kN

- Luas silinder (A) = 17671,46 mm<sup>2</sup>
- Kuat tekan (f'c) =  $\frac{P}{A}$   
=  $\frac{344700}{17671,46}$  = 19,51 MPa

c. Beton Serat Kelapa 0,5%

FS 14:

- Beban (P) = 458,2 kN
- Luas silinder (A) = 17671,46 mm<sup>2</sup>
- Kuat tekan (f'c) =  $\frac{P}{A}$   
=  $\frac{458200}{17671,46}$  = 25,93 MPa

d. Beton Serat Kelapa 1%

FS 15:

- Beban (P) = 280,0 kN
- Luas silinder (A) = 17671,46 mm<sup>2</sup>
- Kuat tekan (f'c) =  $\frac{P}{A}$   
=  $\frac{280000}{17671,46}$  = 15,84 MPa

Perendaman beton pada larutan garam sulfat selama 90 hari:

e. Beton Normal

FOS 7A:

- Beban (P) = 307,9 kN
- Luas silinder (A) = 17671,46 mm<sup>2</sup>
- Kuat tekan (f'c) =  $\frac{P}{A}$   
=  $\frac{307900}{17671,46}$  = 17,42 MPa

FOS 7B:

- Beban (P) = 365,6 kN
- Luas silinder (A) = 17671,46 mm<sup>2</sup>
- Kuat tekan (f'c) =  $\frac{P}{A}$   
=  $\frac{365600}{17671,46}$  = 20,69 MPa

$$\text{Rata-rata} = \frac{17,42+20,69}{2} = 19,06 \text{ MPa}$$

f. Beton Serat Kelapa 0,3%

FS 19:

- Beban (P) = 500,0 kN
- Luas silinder (A) = 17671,46 mm<sup>2</sup>
- Kuat tekan (f'c) =  $\frac{P}{A}$   
=  $\frac{500000}{17671,46} = 28,29 \text{ MPa}$

g. Beton Serat Kelapa 0,5%

FS 20:

- Beban (P) = 453,2 kN
- Luas silinder (A) = 17671,46 mm<sup>2</sup>
- Kuat tekan (f'c) =  $\frac{P}{A}$   
=  $\frac{453200}{17671,46} = 25,64 \text{ MPa}$

h. Beton Serat Kelapa 1%

FS 21:

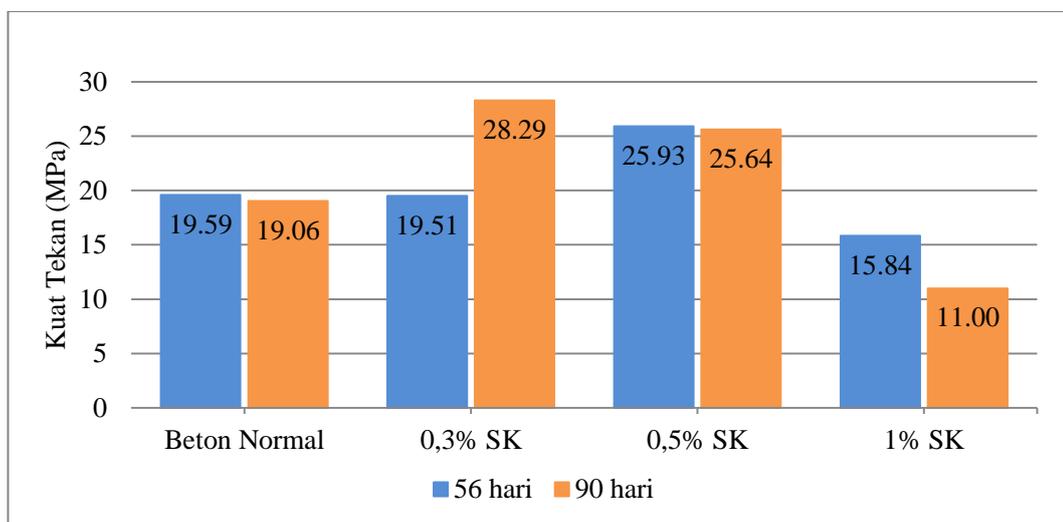
- Beban (P) = 194,4 kN
- Luas silinder (A) = 17671,46 mm<sup>2</sup>
- Kuat tekan (f'c) =  $\frac{P}{A}$   
=  $\frac{194400}{17671,46} = 11,00 \text{ MPa}$

Tabel 4.15: Rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan

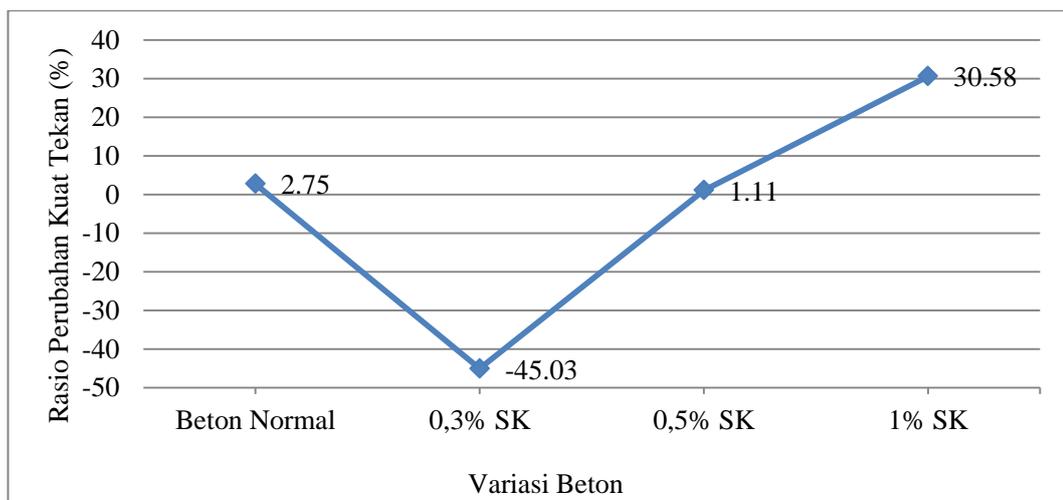
No.	Kode	Uraian	Beban (kN)	Luas Permukaan (mm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (MPa)
1	FOS5 A	Beton normal	165,7	17671,46	9,38
2	FOS5 B	Beton normal	526,8	17671,46	29,81
3	FS 13	0,3% SK	344,7	17671,46	19,51
4	FS 14	0,5% SK	458,2	17671,46	25,93
5	FS 15	1% SK	280,0	17671,46	15,84

Tabel 4.15: *Lanjutan*

No.	Kode	Uraian	Beban (kN)	Luas Permukaan (mm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (MPa)
6	FOS7 A	Beton normal	307,9	17671,46	17,42
7	FOS7 B	Beton normal	365,6	17671,46	20,69
8	FS 19	0,3% SK	500,0	17671,46	28,29
9	FS 20	0,5% SK	453,2	17671,46	25,64
10	FS 21	1% SK	194,4	17671,46	11,00



Gambar 4.12: Perbandingan kuat tekan beton perendaman 56 dan 90 hari pada larutan garam sulfat



Gambar 4.13: Grafik rasio perubahan kuat tekan beton

Dari perhitungan dan gambar di atas didapatkan bahwa penurunan kuat tekan setelah berada pada larutan garam sulfat terjadi pada Beton Normal, Beton 0,5% SK dan Beton 1% SK, dengan rasio penurunan kuat tekan beton terbesar terjadi pada Beton 1% SK. Sedangkan pada Beton 0,3% SK terjadi kenaikan kuat tekan mencapai 45% dari berat awal.

## 4.6. Pembahasan

### 4.6.1. Pembahasan Perubahan Massa Beton

Berdasarkan Gambar 4.8 ditampilkan perbandingan hasil yang didapat pada pengujian bahwa beton mengalami perubahan massa yang menunjukkan adanya penurunan massa dari spesimen uji. Penurunan ini terjadi akibat reaksi antara rendaman garam sulfat dengan beton yang menimbulkan efek penggerusan partikel permukaan beton yang menyebabkan sebagian partikel itu rusak dan terlepas dari ikatan antar partikel di beton tersebut. Terlepasnya beberapa partikel ini jelas akan mengurangi massa dari beton itu sendiri.

Dari hasil pengujian perubahan massa dengan umur perendaman beton pada larutan garam selama 56 dan 90 hari. Terjadi penurunan massa terbesar pada beton dengan variasi Beton 0,3% SK. Berdasarkan perbandingan dan persentase penurunan massa beton berserat kelapa terhadap beton normal dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini:

#### a. Beton 0,3% SK

Perendaman pada larutan garam sulfat selama 56 hari:

- Perubahan massa beton  $= 13,40 - 13,16 = +0,24$  kg
- Perbandingan massa beton  $= \frac{13,40}{13,16} = 1,02$
- Persentase perubahan massa  $= \frac{0,24}{13,16} \times 100\% = 1,82\%$

Perendaman pada larutan garam sulfat selama 90 hari:

- Perubahan massa beton  $= 13,30 - 13,13 = +0,17$  kg
- Perbandingan massa beton  $= \frac{13,30}{13,13} = 1,01$
- Persentase perubahan massa  $= \frac{0,17}{13,13} \times 100\% = 1,29\%$

b. Beton 0,5% SK

Perendaman pada larutan garam sulfat selama 56 hari:

- Perubahan massa beton =  $13,04 - 13,16 = -0,12$  kg
- Perbandingan massa beton =  $\frac{13,04}{13,16} = 0,99$
- Persentase perubahan massa =  $\frac{-0,12}{13,16} \times 100\% = -0,91\%$

Perendaman pada larutan garam sulfat selama 90 hari:

- Perubahan massa beton =  $12,97 - 13,13 = -0,16$  kg
- Perbandingan massa beton =  $\frac{12,97}{13,13} = 0,99$
- Persentase perubahan massa =  $\frac{-0,16}{13,13} \times 100\% = -1,22\%$

c. Beton 1% SK

Perendaman pada larutan garam sulfat selama 56 hari:

- Perubahan massa beton =  $12,64 - 13,16 = -0,52$  kg
- Perbandingan massa beton =  $\frac{12,64}{13,16} = 0,96$
- Persentase perubahan massa =  $\frac{-0,52}{13,16} \times 100\% = -3,95\%$

Perendaman pada larutan garam sulfat selama 90 hari:

- Perubahan massa beton =  $12,58 - 13,13 = -0,55$  kg
- Perbandingan massa beton =  $\frac{12,58}{13,13} = 0,96$
- Persentase perubahan massa =  $\frac{-0,55}{13,13} \times 100\% = -4,19\%$

Berdasarkan perhitungan penurunan perbandingan dan persentase dengan beton berserat sabut kelapa dapat disimpulkan bahwa beton dengan campuran SK 1% terjadi penurunan terbesar. Namun pada beton dengan variasi 0,3% SK didapat hasil kenaikan massa, dan hasil penurunan terendah terjadi pada beton dengan variasi 0,5% SK. Dari perhitungan diatas didapatkan pada pengujian perubahan massa yang cenderung menunjukkan penurunan massa dari spesimen uji. Penurunan ini terjadi akibat reaksi yang terjadi antara rendaman garam dengan beton yang menyebabkan pelemahan ikatan antar partikel pada permukaan beton yang menyebabkan sebagian partikel itu rusak dan terlepas dari beton tersebut yang mana akan mengurangi massa dari beton itu sendiri.

Penurunan massa yang meningkat sejalan dengan bertambahnya kadar serat diakibatkan oleh mengurangnya kepadatan beton sehingga permukaan beton menjadi lebih berpori yang menyebabkan berkurangnya massa beton. Pernyataan tersebut didukung oleh penelitian yang telah dilakukan oleh (Ahmad dkk., 2021) yang menyatakan bahwa penurunan massa pada beton bergantung pada kondisi porositas beton dimana beton yang lebih berpori akan mengalami penetrasi yang lebih laju ke dalam badan beton yang secara agresif merusak struktur beton akibat reaksi dengan bahan penyusun semen.

Dari hasil penelitian ini didapat bahwa penelitian ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Babafemi dkk., 2019) yang mendapati bahwa penambahan serat sabut kelapa dalam beton dapat memperburuk perubahan massa dibandingkan dengan beton konvensional. Dalam hal ini serupa dengan apa yang diamati untuk faktor penurunan massa beton, mengindikasikan bahwa serat sabut kelapa memiliki hubungan dalam perubahan massa pada beton.

#### **4.6.2. Pembahasan Perubahan Visual Beton**

Berdasarkan Gambar 4.10 dan Gambar 4.11 terlihat jelas perubahan warna yang terjadi pada benda uji pada rendaman air garam. Benda uji semakin berwarna kuning keabuan sejalan dengan bertambahnya umur rendaman benda uji. Hal lain yang terjadi yaitu terlihat adanya residu beton berupa butiran-butiran halus yang terdapat pada permukaannya serta pada dasar wadah rendaman. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa kerusakan paling parah terjadi pada beton dengan variasi 0,1% SK dimana variasi beton ini memiliki kadar serat yang paling tinggi. Sedangkan beton dengan variasi 0,5% SK masih mempunyai ketahanan terhadap garam sulfat yang lebih baik bila dibandingkan dengan beton konvensional. Pada beton dengan variasi 0,3% SK tidak terlihat adanya perubahan fisik yang signifikan hanya saja perubahan warna yang terjadi, namun permukaannya jauh lebih baik dari pada variasi beton lainnya, sehingga didapatkan bahwa beton dengan variasi campuran sabut kelapa 0,3% memiliki durabilitas yang paling baik terhadap serangan garam dalam hal ini pada pengamatan visual.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Islam dkk., 2018) menemukan bahwa beton yang direndam di dalam air laut menunjukkan adanya beberapa perubahan warna dari *off white* (putih krim) menjadi abu-abu dimana perubahan warna ini terjadi karena adanya pengendapan garam. Jadi dapat dinyatakan bahwa sabut kelapa berpengaruh positif dan signifikan terhadap visual beton pada lingkungan garam.

Keberadaan beton pada lingkungan garam akan menyebabkan adanya proses pembentukan kristalisasi garam pada pori-pori permukaan beton, dimana kristal tersebut nantinya akan cenderung mengembang yang mengakibatkan adanya kerusakan pada permukaan beton sehingga mempengaruhi tekstur permukaan dari beton tersebut. Pernyataan tersebut didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh (Haynes dan Bassuoni, 2011) yang menyatakan bahwa kerusakan akibat serangan garam biasanya dimanifestasikan sebagai pengelupasan permukaan yang serupa dengan kerusakan akibat pembekuan/pencairan, tanpa atau terbatasnya interaksi kimia yang terjadi antara air garam dan senyawa hidrasi.

#### 4.6.3. Pembahasan Kuat Tekan Beton

Dari hasil pengujian kuat tekan Tabel 4.12 dengan perendaman 56 dan 90 hari, terjadi penurunan pada beton variasi. Namun penurunan terbesar terjadi pada variasi beton 1% SK. Berdasarkan perbandingan dan persentase kenaikan kuat tekan beton berserat kelapa terhadap beton normal dapat dilihat sebagai berikut.

##### a. Beton 0,3% SK

Perendaman pada larutan garam sulfat selama 56 hari:

- Perubahan kuat tekan beton  $= 19,51 - 19,59 = -0,09$  MPa
- Perbandingan kuat tekan beton  $= \frac{19,51}{19,59} = 0,99$
- Persentase perubahan kuat tekan  $= \frac{-0,09}{19,59} \times 100\% = -0,45\%$

Perendaman pada larutan garam sulfat selama 90 hari:

- Perubahan kuat tekan beton  $= 28,29 - 19,06 = +9,24$  MPa
- Perbandingan kuat tekan beton  $= \frac{28,29}{19,06} = 1,48$
- Persentase perubahan kuat tekan  $= \frac{9,24}{19,06} \times 100\% = 48,46\%$

b. Beton 0,5% SK

Perendaman pada larutan garam sulfat selama 56 hari:

- Perubahan kuat tekan beton =  $25,93 - 19,59 = +6,34$  MPa
- Perbandingan kuat tekan beton =  $\frac{25,93}{19,59} = 1,32$
- Persentase perubahan kuat tekan =  $\frac{6,34}{19,59} \times 100\% = 32,33\%$

Perendaman pada larutan garam sulfat selama 90 hari:

- Perubahan kuat tekan beton =  $25,64 - 19,06 = +6,59$  MPa
- Perbandingan kuat tekan beton =  $\frac{25,64}{19,06} = 1,35$
- Persentase perubahan kuat tekan =  $\frac{6,59}{19,06} \times 100\% = 34,56\%$

c. Beton 1% SK

Perendaman pada larutan garam sulfat selama 56 hari:

- Perubahan kuat tekan beton =  $15,84 - 19,59 = -3,75$  MPa
- Perbandingan kuat tekan beton =  $\frac{15,84}{19,59} = 0,81$
- Persentase perubahan kuat tekan =  $\frac{-3,75}{19,59} \times 100\% = -19,13\%$

Perendaman pada larutan garam sulfat selama 90 hari:

- Perubahan kuat tekan beton =  $11,00 - 19,06 = -8,06$  MPa
- Perbandingan kuat tekan beton =  $\frac{11,00}{19,06} = 0,58$
- Persentase perubahan kuat tekan =  $\frac{-8,06}{19,06} \times 100\% = -42,27\%$

Berdasarkan perhitungan perbandingan pada beton berserat sabut kelapa terhadap beton normal didapatkan bahwa beton dengan campuran 0,3% SK tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada rendaman 56 hari, namun terjadi peningkatan sebesar 48,46% terhadap beton normalnya pada variasi rendaman 90 hari. Sedangkan pada beton dengan variasi 0,5% SK didapat hasil peningkatan sebesar 32,33% pada rendaman 56 hari dan 34,56% pada rendaman 90 hari. Serta terjadi penurunan kuat tekan terhadap beton normal pada beton dengan variasi 1% SK dengan nilai penurunan mencapai 19,13% dan 42,27% pada masing-masing rendaman 56 dan 90 hari. Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa penambahan sabut kelapa pada campuran beton memiliki peran yang dapat

mempengaruhi tingkat ketahanan beton terhadap serangan garam dengan penggunaan serat yang optimal adalah 0,3% dimana variasi ini memiliki perbandingan kuat tekan tertinggi terhadap beton normalnya dengan kenaikan sebesar 48,46%.

Pernyataan tersebut didukung oleh penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Ramli dkk., 2013) yang meneliti sifat mekanik beton bersabut kelapa yang berada di lingkungan laut. Mereka menyatakan bahwa penggunaan sabut kelapa pada beton meningkatkan durabilitasnya dibandingkan dengan beton konvensional, dimana kekuatan tertinggi terdapat pada kandungan 0,6% sabut kelapa dengan kuat tekannya meningkat hingga 13% dengan durasi perendaman selama 365 dan 546 hari. Mereka juga menyarankan agar dosis sabut kelapa yang digunakan harus rendah dan tidak melebihi 1,2% dari volume keseluruhan karena memiliki kekurangan degradasi alaminya yang berdampak pada durabilitas dan kekuatan jangka panjang di lingkungan agresif yang diuji.

Hal serupa dilakukan oleh (Nasir dkk., 2017) melalui penelitiannya yang menggunakan serat limbah alami sabut kelapa dan serat rami sebagai bahan campuran beton dengan kadar serat 0,5%, 1% dan 1,5% terhadap volume beton. Hasilnya menunjukkan bahwa kuat tekannya meningkat hingga 4,5% pada kadar serat terendah yaitu 0,5%, tetapi menurun pada kadar selanjutnya dibandingkan beton konvensional, dan dikatakan juga bahwa *workability* menurun seiring bertambahnya serat pada campuran beton. Jadi dapat dinyatakan bahwa penambahan sabut kelapa pada campuran beton berpengaruh negatif dan signifikan terhadap durabilitas kuat tekan pada serangan garam.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan pengolahan data yang telah dilakukan pada penelitian ketahanan beton berserat sabut kelapa terhadap serangan garam maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian tampak fisik visual didapat bahwa kerusakan paling parah terjadi pada beton dengan variasi 0,1% SK, sedangkan beton dengan variasi 0,5% SK masih mempunyai ketahanan terhadap garam sulfat yang lebih baik bila dibandingkan dengan beton konvensional. Dan pada beton dengan variasi 0,3% SK tidak terlihat adanya perubahan fisik yang signifikan dimana permukaannya jauh lebih baik dari pada variasi beton lainnya. Sehingga dapat disimpulkan semakin tinggi kadar serat pada beton maka semakin besar perubahan fisik yang terjadi pada permukaannya.
2. Berdasarkan pengujian kuat tekan beton didapat hasil tertinggi pada beton variasi 0,3% SK dengan nilai kuat tekan 28,29 MPa. Dan untuk nilai kuat tekan beton yang mengalami penurunan terbesar terdapat pada beton dengan variasi 1% SK sebesar 11,00 MPa. Maka didapati bahwa penambahan serat kelapa yang tinggi pada beton akan menurunkan kuat tekannya terhadap serangan garam.
3. Penggunaan serat sabut kelapa yang besar pada campuran beton mempengaruhi nilai *slump* seperti pada beton variasi 1% SK yang memiliki nilai rata-rata *slump test* terendah sebesar 2 cm pada benda uji. Dimana semakin kecil nilai *slump* maka tingkat *workability* beton semakin rendah.
4. Hasil dari pengujian perubahan massa pada beton variasi 0,3% SK dengan rasio penurunan sebesar 0,75% dan untuk nilai perubahan massa pada beton variasi 0,5% SK mengalami penurunan sebesar 0,54%. Dan penurunan terendah terjadi pada beton 1% SK dengan rasio penurunan sebesar 0,48%. Sehingga dapat disimpulkan semakin rendah penggunaan serat maka semakin tinggi pula penurunan massa beton yang dihasilkan.

5. Serat sabut kelapa memiliki pengaruh yang signifikan terhadap tampak visual beton pada lingkungan garam dimana perubahan fisik yang terjadi yaitu berupa penguningan pada beton serta terkikisnya lapisan permukaan beton.
6. Serat sabut kelapa memiliki dampak dalam perubahan massa pada beton terhadap serangan garam dimana penambahan serat tersebut kedalam campuran beton dapat memperburuk perubahan massa dibandingkan dengan beton konvensional.
7. Penambahan sabut kelapa pada campuran beton dapat mempengaruhi tingkat durabilitas beton terhadap serangan garam dimana penggunaan serat yang optimal adalah sebesar 0,3% terhadap berat beton.

## 5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terdapat saran dari penulis yang perlu diperhatikan sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan variasi lainnya terhadap penggunaan sabut kelapa sebagai serat pada campuran beton untuk mengetahui tingkat ketahanan beton yang dihasilkan.
2. Untuk penelitian selanjutnya harus dibuat jumlah sampel lebih dari satu untuk satu variabel agar dapat menghindari adanya kesalahan atau kegagalan yang diakibatkan baik secara natural maupun buatan (*human error*).
3. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan mencakup aspek pengujian durabilitas beton lainnya yang tidak diujikan pada penelitian ini dan juga perlu diperhatikan campuran larutan lainnya seperti berbagai jenis garam maupun asam yang dapat mempengaruhi kekuatan dan ketahanan beton.

## DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 544 (1982): *Report on Fiber Reinforced Concrete.*, Concrete International, 6, 15–27.
- Ahmad, J., Zaid, O., Siddique, M. S., Aslam, F., Alabduljabbar, H., dan Khedher, K. M. (2021): Mechanical and durability characteristics of sustainable coconut fibers reinforced concrete with incorporation of marble powder, *Materials Research Express*, 8(7), 0–22.
- Babafemi, A. J., Kolawole, J. T., dan Olalusi, O. B. (2019): Mechanical and durability properties of coir fibre reinforced concrete, *Journal of Engineering Science and Technology*, 14(3), 1482–1496.
- Balaguru, P., dan Ramakrishnan, V. (1988): Properties of Fiber Reinforced Concrete: Workability, Behavior Under Long-Term Loading, and Air-Void Characteristics, *ACI Materials Journal*, 85(3), 189–196.
- Banthia, N. (1994): FIBER REINFORCED CONCRETE, *ACI SP-142ACI*, 91(119), 1–29.
- Cook, D. J., Pama, R. P., dan Weerasingle, H. L. S. D. (1978): Coir fibre reinforced cement as a low cost roofing material, *Building and Environment*, 13(3), 193–198.
- Danso, H. (2017): Properties of Coconut, Oil Palm and Bagasse Fibres: As Potential Building Materials, *Procedia Engineering*, 200, 1–9.
- Fadillah, Y., Wibowo, dan Sunarmasto (2017): Kajian Pengaruh Variasi Penambahan Bahan Accelerator terhadap Parameter Beton Memadat Mandiri dan Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi, *e-journal MATRIKS TEKNIK SIPIL*, 5(4), 1435–1441.
- Fauzia, D. I. (2006): *PENGARUH PENAMBAHAN KAWAT JARING SEGI EMPAT TERHADAP KUAT DESAK, KUAT TARIK DAN KUAT LENTUR PADA BETON*, Universitas Islam Indonesia, 58.

- Haynes, H., dan Bassuoni, M. T. (2011): Physical salt attack on concrete incorporating nano-silica, *Concrete international*, 33(11), 38–42.
- Islam, M. M., Arifuzzaman, A. K. M., Alam, M. T., dan Islam, M. S. (2018): Effect of fly ash on freeze–thaw durability of concrete in marine environment, *Journal of Civil Engineering*, 46(1), 53–68.
- Naaman, A. E., Namur, G., Najm, H., dan Alwan, J. (1989): *BOND MECHANISMS IN FIBER REINFORCED CEMENT-BASED COMPOSITES*, Ann Arbor, 233.
- Nabhan, Adi Sambowo, K., dan Rismunarsi, E. (2014): Pengaruh Abrasi Air Laut Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Mutu Tinggi Dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi, *MATRIKS TEKNIK SIPIL*, 2(1), 108–115.
- Nasir, S., Ayoub, M., Zafar, S., Bilal, A., Hazoor, A., dan Kakar, E. (2017): Experimental Study on Comparison of Strength Properties of Natural Waste Fiber ( Coir and Jute ) Reinforced Concrete, *Journal of Applied and Emerging Sciences*, 7(2), 105–110.
- Nawy, E. G. (2009): *Reinforced Concrete : A Fundamental Approach* (6th ed.), Prentice Hall, London, 933.
- Panyakaew, S., dan Fotios, S. (2011): New thermal insulation boards made from coconut husk and bagasse, *Energy and Buildings*, 43(7), 1732–1739.  
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.03.015>
- Papadakis, V., Vayenas, C., dan Fardis, M. (1991): Physical and Chemical Characteristics Affecting the Durability of Concrete, *ACI Materials Journal*, 88(186), 196.
- PBI (1971): PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA, *Departemen Pekerjaan Umum*.
- Prabowo, F. (2006): *Pengaruh Penambahan Fiber Kawat Bendrat Dan Superplastisizer Pada Kuat Tekan, Kuat Tarik Dan Kuat Lentur Beton*, Universitas Islam Indonesia, 79.

- PUBI (1982): PERSYARATAN UMUM BAHAN BANGUNAN DI INDONESIA, *Departemen Pekerjaan Umum*.
- Ramli, M., Kwan, W. H., dan Abas, N. F. (2013): Strength and durability of coconut-fiber-reinforced concrete in aggressive environments, *Construction and Building Materials*, 38, 554–566.  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.09.002>
- Sahrudin, dan Nadia (2016): Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton, *Jurnal Konstruksia*, 7(2), 13–20.
- Shetty, M. S. (2005): *CONCRETE TECHNOLOGY THEORY AND PRACTICE* (6th ed.), S. Chand, New Delhi, 624.
- SNI 03-1968 (1990): Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar, *Badan Standarisasi Nasional*.
- SNI 03-1969 (1990): Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar, *Badan Standarisasi Nasional*.
- SNI 03-1971 (1990): Metode Pengujian Kadar Air Agregat, *Badan Standarisasi Nasional*.
- SNI 03-1972 (2008): Cara Uji Slump Beton, *Badan Standarisasi Nasional*.
- SNI 03-1973 (1990): Cara uji berat isi, volume produksi campuran dan kadar, *Badan Standarisasi Nasional*.
- SNI 03-1974 (1990): Metode Pengujian Kuat Tekan Beton, *Badan Standarisasi Nasional*.
- SNI 03-2834 (2000): Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal, *Badan Standardisasi Nasional*.
- SNI 15-2049 (2004): Semen Portland, *Badan Standardisasi Nasional*.
- Sutan, N. M., dan Sinin, H. (2012). Efflorescence Phenomenon on Concrete Structures. *Advanced Materials Research*, 626, 747–750.

- Syahza, A. (2021): *Buku Metodologi Penelitian* (Edisi Revi), Unri Press, Pekanbaru.
- Tjokrodinuljo, K. (2007): *Teknologi Beton*, Biro Penerbit KMTS FT UGM, Yogyakarta, 143.
- Wora, M., dan Segu, Y. (2014): Pengaruh Waktu Perendaman Beton Dalam Air Laut Dapat Menurun Kualitas Beton, *TEKNOSIAR*, 8(2), 23–34.
- Zhang, M. H., dan Malhotra, V. M. (1996): High-performance concrete incorporating rice husk ash as a supplementary cementing material, *ACI Materials Journal*, 93(6), 629–636.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1: Laporan hasil pengujian rendaman garam 56 hari



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI**  
**UNIVERSITAS SUMATERA UTARA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
**LABORATORIUM BAHAN DAN REKAYASA BETON**  
 Laman: <https://tekniksipil.usu.ac.id/Email%20labbdotid@usu.ac.id> Telp/WA: 0812-6912-0059  
 Jalan Perintis Kemerdekaan No.19, Kampus USU Medan 20155



**KAN**  
 Komite Akreditasi Nasional  
 Laboratorium Pengujian  
 LP-1370-IDN

#### LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON SNI 1974-2011

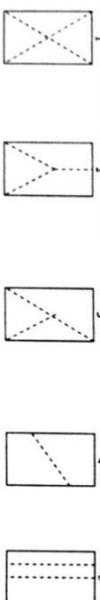
F.PP/21-1/Rev.2

Nomor Laporan : 269 / LB / II / 2023  
 Pemohon Pengujian : MUHAMMAD LUTHFI AWANDA  
 Proyek : PENELITIAN UMSU  
 Lokasi : MEDAN  
 Jenis Benda Uji : Silinder (d=15t=30)  
 Mutu Benda Uji : Fc 25  
 Jumlah Benda Uji : 5

Lembar : 1 Dan : 1  
 Penyelia : Rizki Ibnu M.S.  
 Mesin : Digital Compression Test Machine

No.	Identitas Benda Uji	L (mm)	D (mm)	L/D	Luas Penampang Melintang (mm <sup>2</sup> )	Berat Benda Uji (Kg)	Tanggal		Umur Beton (Hari)	Beban Tekan (kN)	Beban Tekan Kalibrasi (kN)	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Bentuk Kehancuran / Keterangan
							oetak	uji					
1	FOS 5A	300,0	150,0	2	17671,46	13,02	28-Jul-22	14-Feb-23	201	167,0	165,7	115,17	2
1	FOS 5B	300,0	150,0	2	17671,46	13,30	28-Jul-22	14-Feb-23	201	530,0	526,8	366,26	2
1	FS 13	300,0	150,0	2	17671,46	13,40	04-Aug-22	14-Feb-23	194	347,0	344,7	239,67	2
1	FS 14	300,0	150,0	2	17671,46	13,04	03-Aug-22	14-Feb-23	195	461,0	458,2	318,52	1
1	FS 15	300,0	150,0	2	17671,46	12,58	02-Aug-22	14-Feb-23	196	282,0	280,0	194,68	1

Bentuk Kehancuran (dilih diantara satu)



NB - Kesalahan sampel yang telah diuji bukan merupakan tanggung jawab pihak laboratorium.  
 - Pihak laboratorium tidak bertanggung jawab untuk menyimpan sampel yang telah diuji  
 - Pengujian dilakukan sesuai SNI 1974-2011  
 - Laboratorium tidak memberikan pernyataan penjelasan spesifikasi (decision rule) terhadap hasil uji.

Laporan ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji. Tidak untuk ditunjukkan atau dipublikasikan.  
 Dilarang mengutip/mengembangkan sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apapun tanpa izin Laboratorium Bahan dan Rekayasa Beton FT USU.

Medan, 14 Februari 2023  
**KEPALA LABORATORIUM U.S.U**  
 LABORATORIUM  
 (Ir. SYAHRI M.T)  
 NIP. : 1981123119881110017

Lampiran 2: Laporan hasil pengujian rendaman garam 90 hari



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI  
 UNIVERSITAS SUMATERA UTARA  
 FAKULTAS TEKNIK  
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
**LABORATORIUM BAHAN DAN REKAYASA BETON**  
 Laman: <https://tekniksipil.usu.ac.id/> Email: labbeton@usu.ac.id Telp/WA: 0812 6012 0059  
 Jalan Puncakstaka No.19 Kampus USU Medan 20155



**YKAN**  
 Komite Akreditasi Nasional  
 Laboratorium Pengujian  
 LP-1370-IDN

**LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON**

SNI 1974-2011

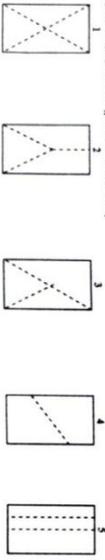
F PP/21-1/Rev.2

Nomor Laporan : 396 / LB / III / 2023  
 Pemohon Pengujian : MUHAMMAD LUTHFI ANAMDA  
 Proyek : PENELITIAN UMSU  
 Lokasi : -  
 Jenis Benda Uji : Silinder (d=15;t=30)  
 Mutu Benda Uji : FC 25  
 Jumlah Benda Uji : 6

Lembar : 1 Dari : 2  
 Penyelia : Rizki Ibnu M.S.  
 Mesin : Digital Compression Test Machine

No.	Identitas Benda Uji	L (mm)	D (mm)	LD	Luas Penampang Melintang (mm <sup>2</sup> )	Berat Benda Uji (kg)	Tanggal		Umur Beton (Hari)	Beban Tekan (kN)	Beban Tekan Kalibrasi (kN)	Kuat Tekan (Mpa)	Bentuk Kehancuran / Keterangan
							cetak	uji					
1	FOS 7A (1)	300,0	150,0	2	17671,46	12,98	28-Jul-22	20-Mar-23	235	310,0	307,9	17,42	1
1	FOS 7B (1)	300,0	150,0	2	17671,46	13,26	28-Jul-22	20-Mar-23	235	368,0	365,6	20,69	1
1	FS 19 (1)	300,0	150,0	2	17671,46	13,30	04-Aug-22	20-Mar-23	228	503,0	500,0	28,29	1
1	FS 20 (1)	300,0	150,0	2	17671,46	13,02	03-Aug-22	20-Mar-23	229	456,0	453,2	25,64	1
1	FS 21 (1)	300,0	150,0	2	17671,46	12,64	02-Aug-22	20-Mar-23	230	196,0	194,4	11,00	1
1	FOS 8 (1)	300,0	150,0	2	17671,46	12,92	28-Jul-22	20-Mar-23	235	612,0	610,3	34,53	1

Bentuk Kehancuran (pilih diantara satu)



NB : Kesalahan sampel yang telah diuji bukan merupakan tanggung jawab pihak laboratorium  
 - Pihak laboratorium tidak bertanggung jawab untuk menyimpan sampel yang telah diuji  
 - Pengujian dilakukan sesuai SNI 1974-2011  
 - Laboratorium tidak memberikan pernyataan penjelasan spesifikasi (decision rule) terhadap hasil uji  
 - Laporan ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji. Tidak untuk ditunjukkan atau dipublikasikan.  
 Dianggap mengutip/menggunakan sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apapun tanpa izin Laboratorium Bahan dan Rekayasa Beton FT USU.

Medan, 20 Maret 2023  
 KEPALA LABORATORIUM BAHAN DAN REKAYASA BETON U.S.U  
 (Ir. Syarifzaki M.T.P.N)  
 NIP : 19611910198011001

Lampiran 3: Dokumentasi penelitian



Gambar 7.1: Abu sekam padi lolos saringan No.100



Gambar 7.2: Sabut kelapa sebagai serat pada campuran beton



Gambar 7.3: Pengeringan agregat sampai kondisi SSD



Gambar 7.4: Pengujian berat isi agregat



Gambar 7.5: Pengujian berat jenis agregat



Gambar 7.6: Pengujian analisa saringan



Gambar 7.7: Pencucian agregat dari lumpur dan kotoran



Gambar 7.8: Penimbangan agregat sesuai takaran



Gambar 7.9: Pembuatan benda uji beton



Gambar 7.10: Pengujian *slump*



Gambar 7.11: Perendaman benda uji pada air garam



Gambar 7.12: Pemasangan *capping* pada benda uji



Gambar 7.13: Penimbangan benda uji



Gambar 7.14: Pengujian kuat tekan beton

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### Data Identitas Diri

Nama lengkap : Muhammad Luthfi Ananda  
Tempat, Tanggal lahir : Medan, 25 Desember 2001  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Agama : Islam  
Alamat : Jl. Karya Gg.Kartini No.2 Medan  
No. Hp/ Tel.Seluler : +62 895-2048-6586  
Nama Ayah : Nasrun  
Nama Ibu : Dalila Chalid  
E-mail : muhammadluthfiananda@gmail.com

### Riwayat Pendidikan

Nomor Induk Mahasiswa : 1907210074  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil  
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muhctar Basri No.3 Medan 20238

### Pendidikan Formal

Sekolah Dasar	: SD NEGERI 060843 MEDAN	2007-2013
Sekolah Menengah Pertama	: SMP NEGERI 11 MEDAN	2013-2016
Sekolah Menengah Atas	: SMA NEGERI 3 MEDAN	2016-2019